الرسالة الطبوغرافية الفلكية

وعلامات وبالنجم
هم يهتدون
(قرآن شريف)

الجزء الأول

وضع

عبد الحميد احمد عثمان البقلي
المدرس بمدرسة المساحة

مطبعة المعارف بشارع الفجالة بمصر
١٩٢٦



وعلامات وبالنجم
هم يهتدون
(قرآن شريف)

الجزء الأول

وضع
عبد الحميد احمد عثمان البقلى
المدرس بمدرسة المساحة



مطبعة المعارف بشارع الفجالة بمصر
١٩٢٦

عزيزى عبد الحميد

من أى السموات هبطت عليك رسالتك؟ ومن أى النواحى تستمد مجهودك الفذ الخليق بالإكبار والإعجاب؟

أمن الصبا والشباب ولهذا فورته ولذلك نزفه ونزوته؟ أم من الجو الذى تعيش فيه وهو أن فقدت فيه الهدام عدمت منه المعين؟

أم هى العزمة الصادقة والإيمان الوطيد يلعبان دورهما أيضاً فى هذا النبوغ؟!

سيطلع غداً مؤلفك النفيس فى أفق هذا البلد الفقير ..... الفقير فى المادة التى تناولتها بأسلوبك الخلاب وبيانك الساحر فسقتها إلى قرائك وأودعتهم فى حيرة أهى فن اتخذ من الأدب سلما للوصول بعقل الخاوى من علمها الجم؟ أم هى أدب اتخذ من الفن موضوعاً للتدبيج؟

وكلا الرأيين مصيب عندى. فرشاقتك فى تعبيرك ولباقتك فى تفصيل مادتك لهما فضل أول فى تقريب المعلومات الملتوية إلى أذهان القارئين:

ومن هنا نرى أن المعلومات التى يدفع بها المؤلفون جبالاً شاهقة رأسية الميل ناعمة الملمس يعز على من يدب فيها أن يصل منها إلى سماء:

تزفها أنت بسحرك وحسن حيلتك آكاما قصيرة يتخطاها الأعمى منا والبصير! قدرة فائقة ليس يوهبها الكثير!!!

على أن الرجية فيك لن تنطفىء عند هذا الحد: ومجهود الشباب مرجو الثمرات مضمون النماء وسنتذوق كتابك اليوم، وعساك توالى غيثك حتى لا تضيع حلاوة حاضرك فى طول النسيان والسلام ؟

باشمهندس المساحة الجيوديزية

ابراهيم سامى عزام

اهداء الكتاب

حضرة صاحب العزة ابراهيم بك زكى

باشمفتش مدرسة المساحة

باسم العلم الذى خدمته والمدرسة التى رفعت من قدرها والعزيمة الصادقة التى أنت لها المثل الأعلى أرفع لعزتكم رسالة أخرجتها من ثنايا الكتب ومجهود النفس واذلال الصعاب لا لحاجة فى نفسى أرجو قضاءها ولكن سعياً وراء نفع الطلبة والمدرسة التى أنت عمادها الأعلى وتقديراً منا لجهودك المثمرة ورغايتك السامية التى شملتنا بها فتنازلوا ياسيدى بالتفضل بقبولها

عبد الحميد احمد عثمان

مقدمة

هذه الرسالة وليدة البحث والتنقيب ، ونتيجة التجربة والسعى المتواصل ، وثمرة تنقيح كثير من أساطين العلم والرياضة ، اذن فليس لى فى وضعها فضل ما ، وهل أستطيع أن أدعى اننى بلغت من العلم درجة توهلنى الى استنباط شىء فى الفلك والرياضة وهى علوم قد اختص بها علماؤنا الأماجد ؟ ؛ ان هى الا فكرة نبتت فى رأسى لستة أعوام مضت يوم ان كنت مشتغلاً بأعمال المثلثات حيث رأيت أن هناك عملاً رياضياً عظيما (أعمال الجيوديزيا ومثلثات الدرجة الثانية) التى تتطلب ارصاداً فلكية دقيقة هى أساس أعمال المصلحة جميعاً . عمل تقوم به فئة خاصة من اكابر الموظفين الأجانب فيؤدونه بكل عناية وتحفظ فنبقى نحن بعيدين عن الوقوف على شىء منه لذا فاننى تصفحت الكتب العربية الهندسية والفلكية فلم أظفر منها على كثير من أملى فطرقت باب الكتب الأجنبية حتى استطعت أن أقضى منها لبانتى بعد جهد متواصل

جمعت كلمة أو اثنتين عرضتها على بعض من العلماء فوجدت منهم معونة تامة وارشاداً جليلاً

وهنا أتقدم بالشكر لحضرات أصحاب العزة المحترمين صادق بك جوهر مدير ادارة التعليم بمدارس الأوقاف الملكية وحضرة محمد بك قاسم كبير المفتشين بمصلحة الطبيعيات وحضرة الأخ حسن افندى صديق مدرس الرياضة بمدرسة الفنون والصنائع وحضرة الأخ ابراهيم افندى عزام باشمهندس قسم الجيوديزى على المعونة التى لقيتها منهم جميعاً وعلى الارشاد الجليل والملاحظات الدقيقة التى أبدوها نحو هذه الرسالة

قضيت ليالى متوالية أرقب الأجرام وحركاتها تطبيقًا لنظريات درستها فاستطعت بعد كل ذلك أن أخرج سنة ١٩٢٠ تلك الكلمة التى لم أجد اذ ذاك ما يشجعنى على نشرها فأبقيتها

حتى اذا ما كلفت بعملى بمدرسة المساحة رأيت الفرصة سانحة لاخراجها الى حيز التنفيذ اذ لقيت تعضيداً قوياً من حضرات زملائى الأفاضل ورغبة أكيدة من حضرات الطلبة على الاطلاع عليها للاستفادة منها فلم أدخر جهداً فى تنفيذ طلبهم معتمداً على الله تعالى وواثقًا من معونة اخوانى الأفاضل

والرسالة تقع فى جزأين أولهما وهو الذى تم طبعه بحث تمهيدى عن الأعمال الفلكية لا يسأمه القارئ ولا يعلو كثيراً على ادراك الطالب المبتدئ الحديث وجعلت وجهتى فى الارصاد اثنتين النجمة القطبية ليلاً (لسهولة الاستدلال عليها) والشمس نهاراً وقت مرورها بخط الزوال

وجعلت الجزء الثانى (الذى أرجو أن يتم طبعه قريبًا) تكملة للجزء الأول وهو يشمل الأعمال الدقيقة المثلثات الكروية باختصار تام والأرصاد الفلكية ليلاً ونهاراً فى أى وقت وعلى أية نجمة كانت كما يشمل كثيراً من الطرق المتبعة فى قلم الحساب بمصلحة المساحة

وتحقيقاً لهذه الغاية قضيت وقتاً ليس بالقصير بقلم الحساب بالمصلحة حتى أستطيع الالمام بعمله وغاية ما أرجو أن لا يكون هذا العلم وقفاً على فئة خاصة بل يكون بين متناول يد الجميع والله أسأل أن يعيننى على القيام بواجبى نحو اخوانى وأمتى انه سميع مجيب

عبد الحميد احمد عثمان

حرر فى ٧ يناير سنة ١٩٢٦

بسم الله الرحمن الرحيم

الشمس آية لتعيين الجهات الأصلية أثناء النهار والنجم القطبي نظيرها لتعيين هذه الجهات أثناء الليل وسنأتى بكلمة حول هذا النجم لما له من الأهمية العظمى اذ يحتاج اليه المهندس فى أعماله والبحار فى أسفاره نظراً لموقعه من القطب الشمالى واعتباره كوكباً ثابتاً تقريباً جهة الشمال الحقيقى

وللوصول الى شرح هذا النجم شرحاً وافياً وما له من المزايا والفوائد فى الأعمال الهندسية المساحية سنذكر إجمالياً بعض الشيء عن حركة الكرة السماوية ودوران الأرض وخطوط الطول والعرض واختلاف الأزمنة والساعات ولو أن الجميع يدرك ذلك ادراكاً تاماً

الكرة الارضية

اتفق العلماء على أن الكرة الأرضية منعزلة فى الفراغ وأن هناك كرة سماوية وهمية تحيط بها من جميع جهاتها وسنتكلم عن الكرة السماوية وما بها من الأجرام

الكرة السماوية

ان الناظر إلى السماء فى أواسط الليل يرى الأجرام السماوية تضيء فى الفضاء فاذا أمعن النظر اليها وراقب حركتها رأى أن بعضاً منها يشرق ويغرب (أى يظهر ويختفى) بأوقات منتظمة بينما أن البعض الآخر يرى ثابتاً فى مكانه أى لا نكاد نرى له حركة محسوسة

ولهذه النجوم مجموعات خاصة محدودة أى أنها بالنسبة لبعضها لا يطرأ عليها تغير أو حدثان بمعنى أن الخرائط السماوية التى خطها لنا الأقدمون لا تختلف كثيراً عن تلك التى نخطها نحن فى زمننا الحالى

من هنا يستنتج أن النجوم ثابتة فى مواقعها من الكرة السماوية (اللهم الا بعض كواكب معدودة تسمى بالكواكب السيارة التى هى عطارد وزهرة وزحل وارانوس ونبتون والمريخ والمشترى والأرض والقمر)

وان كنت ترى أن هذه النجوم تتحرك بحركة منتظمة من الشرق الى الغرب فما مثلها إلا كمثل الشمس تحت تأثير دوران الأرض ترى كما لو كانت تدور هى من الشرق الى الغرب

ولا يرى الإنسان من الكرة السماوية إلا نصفها لأن الأرض التى تحت قدميه تحجب عن نظره رؤية النصف الآخر بمعنى أنه لو كانت الأرض كرة بلورية أو مصنوعة من الشفاف وحجبت عنا أشعة الشمس إذن لرأيت الأرض منبسطة تحت قدميك والسماء تحيط بك من كافة الجهات (فوق رأسك وتحت ما تحت قدميك) ولرأيت إذ ذاك النجوم وكل منها ثابت لا يتزعزع عن موضعه

هذه حقيقة ثابتة تبرزها لك نظرة الى السماء فامعان فى حركتها ولو استطاع الراصد الى السماء أن يرى محور الأرض رأى العين وهو ممتد فى كلتا جهتيه حتى يلتصق بالسماء لادرك ان الكرة السماوية وما بها من الاجرام تتمم دورة كاملة بحركة ظاهرية من الشرق الى الغرب مرة كل أربعة وعشرين ساعة تقريباً

هذا ما يراه رأى العين أما الحقيقة التامة التى اهتدى اليها العلماء واثبتها

العلم بعد طول الاختبار فهى أن الكرة السماوية لاتدور من الشرق الى الغرب بل أن الكرة الأرضية هى التى تسير من الغرب الى الشرق بحركة منتظمة متممة دورة كاملة حول محورها الوهمى فى ظرف أربعة وعشرين ساعة تقريباً

خطوط الطول

هذا وقد قسم العلماء الكرة الأرضية الى انصاف دوائر وهمية على ابعاد متساوية من بعضها تنتهى بالقطبين الشمالى والجنوبى وتسمى بخطوط الطول وهى التى تختلف باختلافها الساعات شرقاًوغرباً (فخطوط الطول وان كانت دوائر تتقابل عند القطبين وليست خطوطاً متوازية) الا انه فى الأعمال المساحية البسيطة كرسم المناطق الغير المتسعة تعتبر كما لو كانت خطوطاً مستقيمة موازية لبعضها من الشمال الى الجنوب ذلك لأن الفرق الناشىء من هذا الاعتبار فى مناطق ضيقة ضئيل للغاية وغير محسوس

أما فى الأعمال المساحية الدقيقة كرسم الممالك والقارات فانها تعتبر كحقيقتها أى انها دوائر تتقابل عند القطبين الشمالى والجنوبى

خطوط العرض

وهناك دوائر وهميـة موازية لخط الاستواء وعلى ابعاد متساوية من بعضها تبتدئ من خط الاستواء شمالاً الى القطب الشمالى وينقسم بها نصف الكرة الشمالى الى تسعين قسما كل قسم يسمى درجة عرضية كذلك الحال فى نصف الكرة الجنوبى . وهذه الخطوط يختلف باختلافها طقس المكان من حيث الحرارة والبرودة بقربهـا أو بعدها من خط الاستواء

وذلك بوجه التقريب لأن هناك اعتبارات أخرى تؤثر فى طقس المكان كالجبال والصحروات والأنهار والبحار وغيرها

وكما أن للكرة الأرضية محوراً وخط استواء وخطوط طول وعرض فللكرة السماوية مثلها

وهناك بعض اصطلاحات جغرافيـة يجب علينا قبل التعمق فى البحث شرحها

محور الكرة الأرضية هو الخط الوهمى الذى تدور الأرض حوله من الغرب الى الشرق مرة كل أربعة وعشرين ساعة ونقطتا امتداده بالكرة السماوية يسميان بقطبي الكرة السماوية الشمالى والجنوبى

أما خط الزوال أو الشمال فهو الخط الواصل من موقع الراصد الى القطب الشمالى (لنصف الكرة الشمالى) وما هو فى الحقيقة الا خط طول مكان الراصد

دائرة خط الاستواء هى سطح مستو يمر بمركز الأرض عمودياً على محور الكرة الأرضية وينصفها الى نصفين متساويين نصف الكرة الشمالى ونصفها الجنوبى

خط عرض أى مكان هو مقـدار ارتفاع هذا المكان وانخفاضه عن خط الاستواء مقدراً بالدرج والدقائق والثوانى وسنأتى فيما بعد على طريقة تعيين خط عرض أى مكان تعييناً دقيقاً

خط طول مكان ما هو مقدار القوس الدرجى ما بين خط زوال هذا المكان وخط زوال مكان آخر يعتبر قاعدة أساسية لخطوط الطول فمثلاً

خط الزوال المار بجرينوتش وهى ضاحية من ضواحى لندن يعتبر خط زوال أو شمال أساسياً لجهات كثيرة

وتعين خطوط الطول عادة ابتداء من هذا الخط الأساسى الى الجهتين الشرقية والغربية منه فمثلاً القاهرة واقعة على خط طول ٣١° تقريباً شرقى جرينوتش أى أن الزاوية التى رأسها القطب الشمالى ومحصورة بين خط زوال جرينوتش ومصر هى ٣١° على سطح الكرة الأرضية

. أما امتداد الخط الواصل ما بين موقع أى نقطة ومركز الكرة الأرضية حتى تتقابل بالسماء فانه يسمى سمت الرأس وسمت القدم هو الخط المناظر له تحت القدم

ارتفاع أى نقطة عن موقع الراصد هى الزاوية الرأسية ما بين أفق الراصد وهذه النقطة

الوقت

قبل أن نبدأ فى الكلام عن الوقت والأزمنة يجب علينا أن نشرح بوضوح كيف أن ساعات العالم أجمع صار ضبطها بعد الرجوع الى الأرصاد الفلكيه

فالكرة السماوية التى تدور بحركة منتظمة ظاهرية هى تلك الساعة العظيمة التى تتخذ أساساً لضبط مواقيتنا وساعاتنا

أشرنا فى الفصول السابقة الى أن النجوم ترى متحركة بحركة ظاهرية منتظمة من الشرق الى الغرب مارة طبعاً بخط زوال كل نقطة على سطح الأرض بمعنى اننا لو راقبنا مرور نجمة بمركز ما (وليكن تقاطع الشعرتين

الأفقية والرأسية فى التيودوليت مثلاً) فى يوم ما ومرورها بنفس المركز فى اليوم التالى فان البرهة التى تمضى بين المرورين هى أربعة وعشرين ساعة نجمية تماماً

أو بمعنى أخر أننا إذا رصدنا وقت مرور نجمة بمحور النظارة ولاحظنا سير تلك النجمة داخلها فأننا نشاهد أنها تأخذ فى البعد عن المحور شيئاً فشيئا بسبب الدورة الأرضية أو الحركة اليومية وبعد زمن يسير يرى أن النجمة تبتعد عن محور النظارة شيئاً فشيئا وبالاستمرار على مراقبتها نجد أنها بعد زمن ما تظهر داخل النظارة وتمر بمحورها ثانية وتكون النجمة إذ ذاك قطعت دورة تامة أى أنها قطعت يوماً نجمياً

والأوفق لمعرفة انتظام الحركة اليومية أن يضبط سير الساعة أبتداء من تلك الحركة ثم نلاحظ تساوى الأزمنة التى تستغرقها النجمة فى قطع مدارها فى الأيام المتتابعة وذلك بأن يرصد على الساعة وقتا مرورين متتابعين للنجمة بمحور النظارة ويؤخذ الفرق بينهما فان وجدت المدة التى أستغرقتها النجمة بين مروريها أقل من زمن دورة عقرب الساعة أى أقل من أربعة وعشرين ساعة نجمية (٤٩ً ٥٦َ ٢٣س شمسية) أو أكثر من ذلك كان هذا دليلاً على أن زمن سير الساعة أبطأ أو أسرع من سير النجمة وحينئذ يصير تقديم الساعة أو تأخيرها بتقصير ساق البندول أو تطويله ويرصد مروران متتابعان أخران تحقيقاً لما عمل من الأرصاد الأولى

تقسيم الوقت

هناك وقتان أو زمنان — الزمن النجمي والزمن الشمسي والزمن النجمي طبعاً زمن منتظم لا يعتريه زيادة أو نقصان وذلك لأن النجوم ثابتة فى السماء وحركتها الظاهرية منتظمة

أما الزمن الشمسي فانه يختلف عن الزمن النجمي بأربعة دقائق تقريباً يومياً وذلك بسبب انتقال الأرض فى مدارها حول الشمس

وللأرض حركتان واحدة حول محورها ينشأ عنها الليل والنهار والأخرى حول الشمس يتولد منها الفصول

حركة الأرض حول محورها : تعرف هذه الحركة بالحركة اليومية وهى دوران الأرض حول محورها من الغرب الى الشرق وهكذا سميت هذه الحركة لأن الأرض تتمها فى يوم

ولما كانت النجوم الثابتة بعيدة عن الأرض بعداً عظيماً كان تغيير موضع الأرض من يوم لأخر (بتأثير حركتها حول الشمس) لايؤثر فى موضعها بالنسبة لهذه النجوم ويسمى الزمن الذى تستغرقه الأرض فى قطع دورة كاملة حول محورها (أى فى العودة حيث كانت فى اليوم السابق بالنسبة لهذه النجوم) يوماً نجمياً وقدره ٥٦,٥٥َ ٢٣س تقريباً من ساعاتنا المستعملة (أى ساعة شمسية)

واليوم الشمسي هو الزمن المحصور بين مرور الشمس مرتين متواليتين على خط زوال واحد . ولما كانت الأرض تدور حول محورها من الغرب إلى الشرق مرة كل يوم كان الزمن الذى تستغرقه الأرض فى قطع دورة كاملة

حول محورها غير كاف ليعود المكان إلى مواجهة الشمس كما كان فى اليوم السابق ولكى يصل المكان إلى مواجهة الشمس كاليوم السابق لا بد أن تقطع الأرض جزءاً من ٣٦٠ جزء من الدائرة (وهو الجزء الذى تطعته الأرض حول الشمس فى اليوم أثناء دورتها السنوية) وذلك يساوى درجة تقريباً وتستغرق الأرض فى تطع درجة نحو أربعة دقائق ومن ثم كان اليوم الشمسى أطول من اليوم النجمى ب ٤ دقائق تقريباً

وقت المرور العلوى والسفلى

عند رؤية النجوم وهى متحركة تمر طبعاً بخط الزوال لاية نقطة على سطح الكرة الأرضية مرتين فى اليوم الواحد أبتداء اليوم وأنتهاؤه أحداهما جهة الشمال وتسمى بالمرور العلوى والأخرى جهة الجنوب وتسمى بالمرور السفلى فاليوم النجمى كما سبق أوضحنا هو البرهة التى تمضى ما بين مرورين علويين لأى نجم فوق زوال واحد وبمعنى اخر أن الدورة التامة التى تتمها الأرض حول محورها لهى اليوم النجمى ولا يمكن طبعاً ملاحظة تلك الدورة الا بارتقاب النجوم ورصدها عندما تنتقل من موضع وتمر به ثانية ويحسن أن يكون التيودوليت هو الآلة المعدة لذلك

تتم الأرض دورة كاملة حول الشمس مرة كل ٣٦٦,٢٤٢٢ يوماً نجمياً ٣٦٥,٢٤٢٢ شمسياً ولهذه الدورة تأثير محسوس فى علاقة الأرض والشمس والنجوم بعضها ببعض حتى أن الشمس ترى كما لو كانت حقيقة تدور دورة كاملة حول النجوم فى ٦٦,٢٤٢٢ يوماً نجمياً

ونظر الاختلاف مقادير الأيام الشمسية فقد اصطلح الفلكيون على أن

يكون هناك يوم شمسى (مساو بعضه بعضاً) بمعنى انهم اتفقوا على أن يكون هذا اليوم هو متوسط الدورة اليومية للشمس فى سنه كاملة وبما أن هناك فى السنة ٣٦٥,٢٤٢٢ يوماً شمسياً و ٣٦٦,٢٤٢٢ يوماً نجمياً فمن هنا ينشأ أن اليوم الشمسى الحقيقى هو $\frac{٣٦٦,٢٤٢٢}{٣٦٥,٢٤٢٢}$ = ١,٠٠٢٧٣٧٩ يوماً نجمياً أو ٥٥,٥٦ً ٣َ ٢٤س وبمثل هذا

اليوم النجمى = $\frac{٢٦٥,٢٤٢٢}{٣٦٦,٢٤٢٢}$ = ٠,٩٩٧٢٦٩٥٧ يوماً شمسياً
= ٤,٠٩ً ٥٦َ ٢٣س وسنذكر الآن أى الأزمنة أوفق للاستعمال

لا يمكن بواسطة اليوم النجمى تعيين الليل والنهار بسهولة لأنه يبتدئ وينتهى باحدى المرورين العلويين أو السفليين لمرور نجم بخط زوال واحد ولا دخل له اذ ذاك بشروق الشمس وغروبها التى يتوقف عليها الليل والنهار كما ان اليوم الشمسى ليس متساوى الطول لذا لا يمكن استعمال اليوم الشمسى فى الارصاد الدقيقة ولكن هناك زمناً يسمى بالزمن المتوسط العرفى وهو المستعمل فى حياتنا وارصادنا ووحدة هذا الزمن هى متوسط الأيام الشمسية ولا يغرب عن ذهننا ان متوسط الأيام الشمسية لا يعتبر نتيجة حركة جسم ظاهر يمكن الرصد عليه ولكنها نقطة وهمية تتحرك بسرعة منتظمة حول السماء متممة هذه الدورة فى نفس الزمن الذى تتممة الشمس فيه لذا فقد يكون متوسط اليوم الشمسى هذا امام الشمس الحقيقية أى قبل مرورها بخط الزوال كما يتصادف أن يكون خلفها وهذا الزمن (المتوسط) هو الذى نراه فى ساعاتنا.

علاقة خطوط الطول بالزمن

بما أن هناك فى الدائرة ٣٦٠° تقطعها الشمس فى ٢٤ ساعة اذن فهى تقطع فى الساعة ١٥° درجة أرضية فلوكان الفرق مثلاً بين خطى طول نقطتين على سطح الكرة الأرضية ا ٬ ب هو ١٥° وكانت ا شرق ب فان الشمس تمر بزوال ا قبل مرورها بزوال ب بساعة واحدة بمعنى انه لو كانت الساعة فى ب اثنى عشر ظهراً تماماً فانها تكون فى ا الواحدة بعد الظهر وبعنى آخرا نالورمزنا الى الفرق ما بين خطين طولين لنقطتين ا ٬ ب = ل من الدرج وكانت ا شرق ب فان الوقت بنقطة ا = $\frac{ل}{١٥}$ + الوقت فى ب مثلاً اذا كان ل = ٣٠° وكان الوقت فى ب = ٣٠َ ٦س فان الوقت فى ا = ٣٠َ ٦س + $\frac{٣٠}{١٥}$ = ٣٠َ ٨س

ولكى يتسنى حل مثل هذه العمليات فى سهولة ويسر وجب علينا أن نحول مقدار الأطوال الدرجى الى وقت أى ساعات ودقائق فيقال مثلاً خط طول ٢س عوضاً عن ٣٠° وخط طول ٣س عوضاً عن ٤٥° وهكذا اذا ما توضح خط الطول بهذه الكيفية فان الفرق ما بين مقدار الزمنين فى المكانين وهو ء هو الفرق بين خطى طوليهما مثلاً لوكان خط طول نقطة = ١٢ً ١٧َ ١٤س وخط طول ب ٤٥ً ٣٧َ ١٩س فان الفرق وهو ٣٣ً ٢٠َ ٥س يجب أن يضاف الى الوقت فى ب لايجاد الوقت فى ا وهاك قاعدة لتحويل الزمن الى درجات قوسية وبالعكس

اذا لزم الحال الى تحويل درج قوسى الى زمن أو بالعكس فليس هناك داع الى تحويل الدقائق والثوانى قوسية كانت أو زمنية الى الكسور

الاعتيادية أو الاعشارية من الدرج أو الساعات لأنه بما أن الساعة = ١٥°
ينشأ من هذا أن الدقيقة من الزمن تساوى ١٥/٦٠ × ٦٠ = ١٥َ والثانية من
الزمن تساوى ١٥ً قوسية أى إن الساعة والدقيقة والثانية من الزمن تساوى
١٥ ضعفاً نظيرها من الأقواس

قاعدة ١ لتحويل الزمن الى درج أولاً — اضرب الثوانى الزمنية × ١٥
ثم اقسم الناتج على ٦٠ فالعدد الصحيح من الخارج = دقائق قوسية
والباقى = ثوانى قوسية ثانياً — اضرب الدقائق الزمنية × ١٥ ثم أضف الى
الناتج الدقائق التى حصلت عليها من العملية الأولى واقسم الناتج على ٦٠
فالعدد الصحيح من الخارج = الدرج والباقى = دقائق قوسية — ثالثاً
اضرب الساعات الزمنية × ١٥ وأضف الى الناتج الدرج الذى حصلت عليه
من العملية الثانية ينتج الدرج مثال ذلك لتحويل ٣٤ً ٤٧َ ٣س الى أقواس

أولاً ٣٤ً × ١٥ = ٥١٠ً ÷ ٦٠ = ٣٠ً ٨َ
ثانياً ٤٧َ × ١٥ = ٧٠٥َ + ٨ = ٧١٣َ ÷ ٦٠ = ٥٣َ ١١°
ثالثاً ٣س × ١٥ = ٤٥ + ١١ = ٥٦°
= ٣٠ً ٥٣َ ٥٦°

مثال ٢ : لتحويل الدرج القوسى الى نظيره من الزمن أى الى ساعات
ودقائق وثوان

أولا اقسم عدد الدرج على ١٥ فالعدد الصحيح من الخارج = ساعات
ثانياً اضرب الباقى × ٦٠ وأضف الى الناتج ما لديك من الدقائق
القوسية ثم اقسم الناتج على ١٥ فالعدد الصحيح من الخارج = دقائق زمنية
ثالثاً اضرب الباقى × ٦٠ وأضف الى الناتج العدد الموجود من الثوانى

القوسية ثم اقسم المجموع على ١٥ والناتج محولاً (اذا اقتضت الحالة) الى جزء أو أكثر من الكسور الاعشارية تكون ثوانى زمنية مثال ذلك

لتحويل ١٧ً ٢٨َ ٢١ْ الى ساعات

س
١) ٢١ْ ÷ (١٥
١٥
٦
× ٦٠
٣٦٠
أضف ٢٨
(١٥) ٣٨٨ (٢٥ دقيقة
٣٧٥
١٣
× ٦٠
٧٨٠
أضف ١٧
(١٥) ٧٩٧ ٥٣,١٣ً

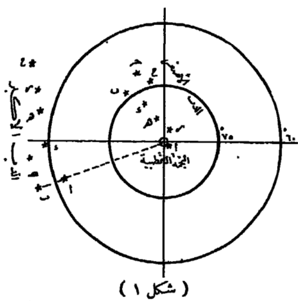
فالنتيجة = ١٣,٥٣ً ٢٥َ ١س

النجم القطبى

وصفه فلكياً : للوصول إلى تعيين موقع النجم القطبي من السماء يجب علينا شرح أوضاع الدبين الأكبر والأصغر

إن الناظر إلى السماء بعد الغروب بثلاث ساعات مثلاً فى شهر ابريل (وذكر الشهر لأن أوضاعهما تختلف باختلاف الأشهر) يرى جهة الشمال على إرتفاع ٦٠° تقريباً (هنا فى القاهرة) من الأفق صورة الدب الأكبر واضحة جلياً وهى تتركب من سبعة نجوم أربعة منها ا ، ب ، حـ ، ء تكون

شبه منحرف بجواره نحو المشرق ثلاثة نجوم ه ۶ ر ۶ ح فى شكل قوس متجه تحديبه نحو الأفق وترى هذه النجوم واضحة بين الصور السماوية التى بالشمال لأن نجومها من القدر الثانى (أى شديدة الضوء) ما عدا النجمة ء من شبه المنحرف الملاصقة للذنب فانها من القدر الثالث (أي أضعف ضوءًا من أخواتها) وتبقى هذه الصورة ظاهرة فوق أفق المحروسة غالب أيام السنة إنما تختلف أوضاعها بالنسبة إلى الأفق تبعاً للساعات والفصول وسنتكلم عن ذلك فى حينه وإذا امتد المستقيم الواصل بين النجمتين ب ۶ ا من الدب الأكبر جهة ا وأخذ على هذا الامتداد مسافة تساوى ما بين النجمتين المذكورتين بخمس مرات قابل نجمة من القدر الثانى لونها مائل إلى الاصفرار قليلاً إرتفاعها عن أفق المحروسة ثلاثين درجة تقريباً (وهذا ثابت لا يتغير) وهذه النجمة تظهر ثابتة فى السماء لأنها توجد على بعد ١٨َ ١ْ تقريباً من القطب الشمالى وتسمى بالنجمة القطبية أو الجدى وهى نهاية ذنب الدب الأصغر وأزهى نجومه والدب الأصغر موضح بشكل (١)



(شكل ١)

بسبعة نجوم ـ ۶ ح ۶ ح ۶ ء ۶ ه ۶ ر ۶ ا شبيهة بالدب الأكبر غير أن أبعادها صغيرة عن أبعاده ووضعها عكس وضعه . وترى النجمة القطبية كما لو كانت منعزلة فى الفضاء وذلك بسبب ضعف ضوء النجوم المكونة لقوس الذنب ه ۶ ر والنجمتين اللتين بجواره من شبه المنحرف ء ۶ ح لأنها

من القدر الرابع وأما النجمتان البعيدتان عن الذنب وهما ب ، حـ اللتان هما من القدر الثالث فهما أضوء بكثير عما جاورهما ونجمة ب تسمى كوكباً ونجمة حـ تسمى فرقداً وقد يسميان فرقدين

سير الدبين : — لو راقب الراصد الدبين نحو الستة ساعات لظهرت له تلك الحركة الظاهرية التى تتبعها فى سيرها على ممر الأيام

تدور الستة نجوم ء هـ م ب حـ ح من الدب الأصغر حول النجم القطبي مرة كل يوم نجمى أى كل ٢٣ س ٥٦ َ ٤,٠٩ ً بحركة رحوية مضادة لسير عقربى الساعة فمثلاً إذا رأيت الستة نجوم فى الساعة السابعة مساء شرق النجمة القطبية فانك تراها نحو الشمال منه فى الساعة الواحدة (صباحاً) أى بعد نصف الليل أى أنها قطعت ربع الدائرة فى ستة ساعات وبعد إثنى عشر ساعة تراها جهة الغرب منه ثم تأخذ مركزها فى اليوم التالى من الوقت نفسه — إلاَّ أنه نظراً لأنها تتم هذه الدورة فى أقل من أربعة وعشرين ساعة شمسية فإنه يأتى عليها وقت ترى فيه فى الساعة السابعة مساءً جهة الغرب من النجم القطبي عوضاً عن الشرق ولا يكون ذلك طبعاً إلاَّ بعد مرور ستة أشهر لأنها تختلف فى اليوم الواحد بـ ٣ َ ٥٥,٩١ ً (أى أربعة دقائق تقريباً) عن موضعها من اليوم الأول (وهذا هو فرق اليوم النجمى من اليوم الشمسى) ففى الشهر تختلف بمائة وعشرين دقيقة أى بمقدار ساعتين أو $\frac{١٢٠}{٦٠}$ × ١٥ = ٣٠° وفى الستة أشهر تختلف بـ ٣٠° × ٦ = ١٨٠° أى فى اتجاه مضاد لاتجاهها الأسبق

أما الدب الأكبر فانه يتم دورة كاملة حول الدب الأصغر (أو بمعنى

آخر حول النجم القطبي) مرة كل يوم نجمى أى كل ٩٠ ,٤ :٥٦ ٢٣ شمسية وهو حافظ لأوضاعه بالنسبة لمجموعته فبينا تراه فى الساعة الخامسة مساء مثلاً نحو المشرق من الدب الأصغر إذا به فى الخامسة صباحاً جهة المغرب منه حتى إذا كان جهة الجنوب من الدب الأصغر أختفت منه كل نجومه تقريباً لأنها تقع إذ ذاك تحت الأفق

النجوم الابدية الظهور

أن محور العالم كما يشاهد فى بلادنا مائل على أفق الراصد بمعنى أنه عند دوران الأرض حول محورها من الغرب الى الشرق يدور معها طبعاً أفق الراصد ويقطع الكرة السماوية فما كان من النجوم فوق هذا الأفق يرى رأى العين وما كان منها منخفضاً عنه لا يرى كلية

وأثناء هذا الدوران يقرب الأفق من بعض النجوم شيئاً فشيئا وترى هى كما لو كانت تنخفض نحوه وبالعكس يبتعد هذا الأفق عن بعض النجوم وترى كما لو كانت هى ترتفع عن الأفق . من هنا ينشأ أن هناك نجوماً دائمة الظهور (وهى التى تقع فى انفراج لا يزيد عن الانفراج ما بين أفق الراصد والقطب وهو يساوى طبعاً خط عرض مكان الراصد وسنشرح ذلك فى حينه)

كما أن هناك نجوماً دائمة الأختفاء وهى التى تقع فى أنفراج لا يزيد عن خط عرض مكان الراصد انما فى نصف الكرة الآخر فمثلا اذا كان الراصد فى نصف الكرة الشمالى على خط عرض ٣٠° فان النجوم المحصورة ما بين القطب الشمالى و٣٠° منه تسمى دائمة الظهور (ومنها الدب الأصغر.

جميعه) وما كان منها على هذا البعد أيضاً من القطبِ الجنوبى تسمى دائمة الاختفاء أما النجوم التى يزيد بعضها عن هذا القدر فانها تشرق وتغرب فى أوقات معلومة

واذا كان الراصد فى أحد قطبي الأرض فإن خط أفقه طبعاً يكون عمودياً على أحد القطبين (الشمالى أو الجنوبى بحسب موقعه) ولا يرى فى هذه الحالة إلا ما كان فوق أفقه وتبقى تلك النجوم على الدوام ليس لها شروق أو غروب

أما إذا كان الراصد فى خط الأستواء ففى هذه الحالة يكون أفقه ماساً بأحد القطبين الشمالى مرة والجنوبى مرة أخرى أى أن محور العالم يكون فى مستوى الأفق ماراً بنقطتى الشمال والجنوب وفى هذه الحالة يقسم هذا الأفق الكرة السماوية الى قسمين متساويين وحينئذ يرى الراصد جميع الكواكب فى نصفى الكرة على التتابع تشرق وتغرب وتكون مدة ظهورها تساوى مدة أختفائها وكل منها يساوى نصف الدورة اليومية أى اثنى عشر ساعة

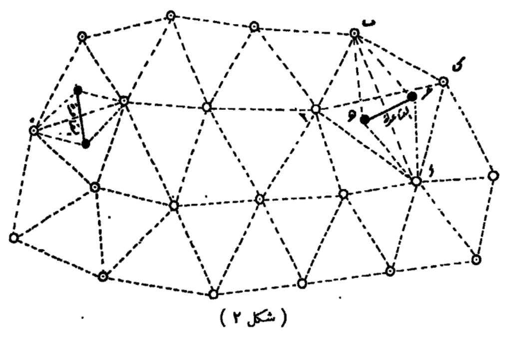
قواعد نقط المثلثات

الخرائط المساحية للعالم أجمع تتجه جهة الشمال الحقيقى وما أظن أن هناك طريقة أدق لتعيين هذا الشمال من الرصد على النجوم كما أنه يحسن أن يكون النجم القطبي هو المقصود بالذات (وذلك نظراً لموقعه من القطب الشمالى وسهولة الاستدلال عليه بين النجوم) وقد اتخذته مصلحة المساحة قاعدة لها لتعيين الشمال الحقيقى لأنها عند عمل مساحة القطر المصرى بدأت بوضع نقط مثلثات من الدرجتين الأولى والثانية فى مواضع ثابتة

تختلف أوضاعها بين الخمسين والعشرة كيلوميرات (وهنا أحيل القارئ الكريم الى الرسالة القيمة التى رفعها حضرة صاحب السعادة الوكيل العام للمساحة الى المؤتمر الدولى بمدريد عام ١٩٢٤ ففيها شرح واف عن أعمال مثلثات الدرجة الأولى وإليك وصف عام

يبدأ بوضع نقط المثلثات لمديرية ما كما أن وضع هذه النقط من الأهمية بدرجة تحتاج لعناية عظيمة إذ يجب مراعاة الموانع الطبيعية التى تعترض الاضلاع كما ويجب ملاحظة أن تكون زوايا المثلث متناسبة بدرجة يتم معها حسابها حساباً دقيقاً

تشكل هذه المثلثات وتسمى بالشبكة المثلثية لأن كافة أضلاعها متصلة ببعضها اتصالاً يكوّن مثلثات مرتبطة متناسبة كما فى شكل (٢)



(شكل ٢)

ثم تقرأ كافة الزوايا قراءة دقيقة مرات عديدة حتى يكون مجموع زوايا المثلث ٠٠ً ٠٠َ ١٨٠ْ × فرق المثلث الكروى

بمعنى أنه يجب أن يلاحظ أن هذه المثلثات هى مثلثات كروية أى أن

مجموع زوايا المثلث تزيد عن ١٨٠° وهذه الزيادة تساوى من الثوانى بمقدار مساحة المثلث مقسوماً على ١٩٧ كيلومتراً فمثلاً لو كانت مساحة المثلث = ١٩٧٠ كيلومتراً فان مجموع زوايا هذا المثلث = ١٨٠° + ($\frac{١٩٧٠}{١٩٧}$) = ١٨٠° + ١٠″ .

أما مساحة المثلث فيمكن استخراجها بالطريقة الآتية

مساحة المثلث = مربع القاعدة × حاصل ضرب جيبى الزاويتين المجاورتين مقسوماً على ضعف جيب الزاوية المقابلة

$$\frac{ب^{٢} \times حا ا \times حا حـ}{٢ \text{ حا } ب}$$

وبما أن أضلاع المثلث امكن حلها من القاعدة التى قيست كما أن زوايا المثلث رصدت اذن فمساحة المثلث يمكن استخراجها

فمثلاً لو فرضنا أنها انتخبت فى الطبيعة الثلاثة نقط ا ، ب ، س تكون مثلثاً يمكن قراءة زواياه بوضع التيودليت فوق النقط ا ، ب ، س بالتتابع وتقرأ زواياها ويجب أن يكون مجموع هذه الزوايا الثلاث ٠٠″ ٠٠′ ١٨٠° فرق المثلث الكروى

إلاّ أن معرفة الزاويا لا تدل إلا على أن الرصد كان دقيقاً كما أنها فى الوقت نفسه لا تعين مساحة هذا المثلث ولا يمكن حل أضلاعه كما لا يمكن عمل حسابه أو تعيين هذه النقط على خريطة ما بأى مقياس مطلوب

وللوصول إلى ذلك يجب مقاس أحد الأضلاع إلا أن ذلك يتعذر جداً لأنه نحو الأربعين ميلاً يمر فوق أودية وجبال ومساكن وأشجار لذا تعمل عملية القاعدة التى بعد مقاسها مقاساً دقيقاً يمكن بواسطة الحساب حل المثلث حلاً دقيقاً ويتعين إذ ذاك قيمة أضلاعه ومساحته

بعد قراءة زوايا المثلثين المشتبكين تنتخب قاعدة داخل أحد المثلثين يشترط فيها أن يكون طولها بين الثلاثة والعشرة كيلومترات تقريباً فوق أرض مسطحة ويجب أن تكون نقطتا القاعدة فى مكان يسمح لها برؤية النقطتين ب ، ء كما ويجب أن تكون الزاويا متناسبة أى لا تقل عن الأربعين درجة ولا تزيد عن المائة وثلاثين درجة

عند ذلك تحتل نقطة حـ وتقرأ زاويتاها ﻫ حـ ء ، ﻫ و ب وتحتل نقطة ﻫ وتقرأ زاويتاها ب ﻫ حـ ، ء ﻫ حـ ثم تحتل باقى النقط ا ، ب ، س ، ء وتقرأ زواياها المؤشر عليها أنظر شكل (٢)

ثم تقاس القاعدة حـ ﻫ مقاساً دقيقاً جداً تراعى فيه ميزانية الأرض من حيث إرتفاعها وانخفاضها عن سطح البحر وقوة الشد فى الشريط الدقيق وحالة الجو من حيث الحرارة لامكان إيجاد البعد العمودى على محور الأرض تماماً أى الموازى لخط الأفق وسنتكلم عن طريقة مقاس القاعدة بكل ايضاح ومتى علم فى مثلث ما طول ضلع والثلاثة زوايا أمكن معرفة طول الضلعين الآخرين لأن جيوب الزوايا تتناسب مع الاضلاع المقابلة لها وبعدها يمكن حل كافة المثلثات لأنها تتركب على بعضها ثم تقاس قاعدة أخرى فاذا طابق الحساب المقاس كان العمل دقيقاً

إلاّ أنه وإن كان أمكن رسم هذه المثلثات على خريطة ما بأى مقاس مطلوب (وذلك بواسطة آلة الاحداثيات بقلم الحساب) إلاّ أنه لم يتعين انحراف أحد الاضلاع عن الشمال أوما يسمى Azimuth ولتعيين ذلك ولتعيين خطوط الطول والعرض لمثل هذه النقط تتبع الارصاد الفلكية التى سنأتى على شرحها فيما بعد

مقاس القواعد

أن الدقة التى تراعى فى مقاس القاعدة ترجع إلى أن أقل فرق ضئيل فى مقاسها يسبب أغلاطاً كبيرة فى المثلثات التى تكونت على هذه القاعدة

ويحسن أن تكون القاعدة فى منتصف المنطقة (بقدر الامكان) المراد عمل شبكة مثلثية بها بمعنى أن المسافات التى تمتد من هذه القاعدة شمالاً أو جنوباً شرقاً أو غرباً تكون متساوية ويجب أن يكون موقع القاعدة فى مكان مسطح بقدر الأمكان لسهولة ودقة المقاس

كما ويجب أن تكون قيمة زوايا المثلث موضع العناية التامة بمعنى أنه لا يصح أن تقل احدى الزوايا عن الأربعين درجة ولا تزيد عن المائة وعشرين درجة ويا حبذا لو كانت كلها ما بين الستين والتسعين درجة

وتختلف أطوال القاعدة بحسب طبيعة الأرض إلاَّ أنه بوجه عام يحسن أن لا يقل طول القاعدة عن جزء من مائة من المسافة ما بين القاعدة وأبعد نقطة عنها من ذات المنطقة بمعنى أنه لو كانت آخر نقطة بالمنطقة تبعد عن القاعدة مائة كيلو متر فلا يصح أن يقل طول القاعدة عن كيلو متر ويحسن أن يكون كيلو مترين مثلاً وتتراوح القواعد عادة ما بين الستة والعشرة كيلو مترات ويستعمل فى مقاس القواعد شريط دقيق جداً طوله ٢٤ متراً وسبق معياره على شريط دقيق بباريس

ويلاحظ أن دقة مقاس القاعدة ترجع إلى ضبط الشريط المستعمل فى عملية المقاس ويجب قبل البدء فى المقاس إختبار طول الشريط بمقارنته بمعيار دقيق لهذه الغاية ويجب أيضاً ملاحظة حرارة الجو وقوة الشد عند عملية المقارنة وتدون هذه الملاحظات باعتبارها ذات أهمية خاصة

ولكن بما أن الجو وقوة الشد هى مؤثرات قابلة للتغيير فيجب ملاحظتها عند عملية المقاس كما أنه لو كانت طبيعة الأرض ليست بارتفاع واحد وكان هناك بقعة منخفضة فيجب عمل التصحيح اللازم لما يتسبب من تقوس الشريط عند مقاس هذه البقعة — ولوأن القاعدة قيست فى أرض منحدرة فيجب قراءة زاوية الانخفاض أو معرفة إرتفاع إحدى النقطتين عن الأخرى لتحويل المقاس إلى مقاس أفقى

ولو أننا عندما قارننا (إختبرنا) الشريط بالعيار وهو بقوة شد وحرارة معلومتين وظهر لنا بالشريط فرق فى طوله فان هذا الفرق يجب تدوينه وتراعى التصحيحات على هذا الأعتبار مثلاً عند مقارنة شريط طوله ١٠٠ متر فى حرارة جو قدرها ٦٠° (فهرنهيت) وقوة الشد ١٥ رطلاً (على معيار) ووجد أن الشريط طوله ١٠٠,٠٢ متر أعنى ٠٢, متراً + معنى ذلك أى مقاس يقاس بهذا الشريط يكون أقصر من طوله الحقيقى باعتبار أن هناك فرقاً قدره ٠٢, متراً لكل ١٠٠ متر قيست أو بمعنى آخر به خطأ قدره ١ فى ال ٥٠٠٠ عندما يقاس فى نفس الحرارة وقوة الشد

فلو أن خطاً كان مقداره عند ما قيس فى حرارة ٦٠° وبقوة شد ١٥ رطلاً هو ٣٠٢٨ قدماً فان الفرق هو $\frac{٣٠٢٨}{٥٠٠٠}$ = ٦٠٦,٠ قدماً والطول الحقيقى للخط هو ٣٠٢٨ + ٦٠٦,٠ = ٣٠٢٨,٦٠٦ قدماً

من هنا يلاحظ أنه لو كان الشريط أقصر من الطول الحقيقى له فان قراءة خط به تكون أطول من الحقيقة والفرق يجب أن يستنزل

الفرق الناشيء من حرارة الجو

يتمدد الصلب وينكمش تبعاً لاختلاف الجو فتراه يتمدد فى الحرارة وينكمش فى الرطوبة وانه من الأمور الجوهرية عند عمل مقاس دقيق معرفة حرارة الجو وقت العمل ومراعاة التصحيح لهذا الاعتبار ولا يمكن تقدير كمية تمدد الصلب وإنكماشه تبعاً للحرارة والبرودة ولكن بعد تجارب عديدة أمكن الاهتداء إلى متوسط الامتداد لدرجة حرارة واحدة وهو ٠٠٠٠٠٦٥, أو بمعنى اخر أن زيادة درجة واحدة فى حرارة الجو تسبب زياده (تمدد) فى الشريط قدرها ٠٠٠٠٠٦٥, وبالعكس فان نقص درجة حرارة واحدة تسبب انكماشاً قدره ٠٠٠٠٠٦٥,

ويلاحظ أن هذا المقدار يمكن الركون اليه فى الأعمال العادية اما فى المقاسات التى تحتاج إلى عناية خاصة فانه من الضرورى معرفة كمية التمدد للشريط عند عملية الاختبار وذلك باتباع الطريقة الآتية

تقاس المسافة بين نقطتين ثابتتين ويحسن أن يكونا علامتين نحاس مثبتين تماماً ويعين عليهما إبتداء الخط وانتهاؤه وتدون إذ ذاك حرارة الجو ثم تقاس المسافة فى وقت آخر ويحسن أن تكون درجة الحرارة فى اليومين مختلفة بضع درجات فالفرق بين المقاسين مقسوماً على طول الخط (ويلاحظ أن تكون وحدة الأثنين واحدة بمعنى انه لوكان الخط بالقدم فيجب أن يكون الفرق بالقدم) هو الفرق الناشيء من اختلاف مقدار درجة الحرارة. ولو قسمنا مثلاً هذه الكمية على الفرق بين درجات الحرارة فى المرتين لنشأ عندنا الفرق فى التمدد لدرجة واحدة أو بمعنى آخر كمية التمدد للشريط مثلاً

لو قيس خط طوله ٣٠٠ قدم بشريط واحد وبقوة شد واحـدة مرتين متواليتين وكان المقاسان يختلفان عن بعضهما $\frac{١}{٤}$ بوصة والفرق بين درجتى الحرارة فى المرتين هو ١٠° فان كمية التمدد فى الشريط لدرجة واحدة هى

$$\frac{\frac{١}{٤}}{٣٠٠ \times ١١ \times ١٠} = ٠٠٠٠٠٩٦٤\text{, قدماً لكل قدم}$$

التصحيح

ان حساب التصحيح الواجب مراعاته عند اختلاف الحرارة موضح بالنظرية السابقة وبما أن مقدار التمدد لاختلاف الحرارة هو عبارة عن التمدد أو الإنكماش الذى يعترى الشريط تبعاً لزيادة درجة الحرارة أو نقصانها فلو كان الشريط فى درجة حرارة معينة يتفق تماماً مع طوله الحقيقى فإن التصحيح الناشئ عن اختلاف درجة الحرارة لوحدة القياس يساوى حاصل ضرب قيمة التمدد لدرجة واحدة (وهو ما أمكن معرفته من النظرية السابقـة) × وحدات درجات الحرارة التى تزيد أو تنقص عن درجة الحرارة التى يتفق فيها الشريط مع مقاسه الحقيقى من هنا ينشأ أن التصحيح الواجب عمله عند مقاس خط ما هو عبارة عن حاصل ضرب طول خط ما × معامل التمدد × عدد الدرجات التى تزيد أو تنقص عن درجة الحرارة الثانية

أى أن : $ص_ح$ = ط م ء

$ص_ح$ هى خطأ الحرارة (فرقها)

ط هى طول الخط الموضح فى الشريط

م هى معامل التمدد

ء هى درجات الحرارة التى تزيد أو تنقص عن الحرارة الثابتة

مثلاً لو فرضنا أن شريط فى درجة حرارة قدرها ٦٢° فهرنهيت يتفق مع طوله الحقيقى فما هو الفرق فى خط طوله ٣٠٠ قدم عند ما يقاس بنفس الشريط فى حرارة قدرها ٦٨° فهرنهيت باعتبار أن معامل التمـدد لدرجة واحدة هو ,٠٠٠٠٠٦٥

الحل

الزيادة فى الحرارة هى ٦٨ — ٦٢ = ٦°

إذن بتطبيق النظرية السابقة ينشأ

ص/ح = ط م ى

ص/ح = ٣٠٠ × ,٠٠٠٠٠٦٥ × ٦ = ,١١٧ قدماً

إضافة أو طرح الفرق فى التمدد

لامكان تعيين ما إذا كان فرق التمدد يجب إضافته أو طرحه من طول الخط يجب ملاحظة ما إذا كان الشريط أصبح من الحرارة أطول أو أقصر من طوله الحقيقى عند ما قيس هذا الخط فلو كان الشريط أقصر من طوله الحقيقى فمعناه أن الشريط انكمش لأن الحرارة وقت المقاس كانت أقل منها عندما (اختبر الشريط) وكان يتفق مع مقاسه الحقيقى فى درجة حرارة معينة ويكون المقاس المدون بالشريط إذ ذاك أطول من طوله الحقيقى والفرق يجب أن يطرح

ولو كان الأمر على عكس ذلك أى أن الشريط تمدد فان المقاس طبعاً يكون أقل من طوله الحقيقى (لأن كل ٢٠ متر + التمدد مثلاً يكتب ٢٠ متر)

والفرق يجب أن يضاف أو بمعنى آخر يطرح الفرق فى حالة الانكماش ويضاف فى حالة التمدد ففى المثال السابق يلاحظ أن درجة الحرارة أرتفعت عند ما قيس الخط فأصبح الشريط أطول من مقاسه الأول وبذا يكون مقاس الخط أقصر من الطول الحقيقى وعلى ذلك فان الفرق يجب أن يضاف وطول الخط الحقيقى الذى كان ٣٠٠ قدماً هو ٣٠٠ + ١١٧, = ١١٧, ٣٠٠ قدماً .

« الخطأ الناشىء من تغيير قوة الشد »

عند مقاس قواعد نقط المثلثات بشريط ما يجب أن يشد الشريط بقيمة معينة وهذا الشد يتراوح عادة ما بين العشرة والعشرين رطلاً انجليزياً ولإمكان معرفة ذلك يعلق ميزان بزنبلك فى إحدى مقبضى الشريط ويشد الشريط بالقوة المرغوبة التى يمكن تعيينها على الميزان وبما أن هذا الشد يؤثر طبعاً فى طول الشريط بمعنى أنه يجعله يتمدد فان حساب هذا الشد يجب أن يدون لاضافته الى طول الخط الذى عرف من المقاس لإمكان معرفة طول الخط الحقيقى .

« عملية حساب الفرق الناشىء من قوة الشد »

يمكن عمل حساب الزيادة فى الشريط الناشئة من قوة الشد بدون أقل صعوبة وذلك بالنظرية الآتية .

أى قضيب من الصلب طوله بوصة وعرضه بوصة أى أن مساحة إحدى أسطحه بوصة مربعة يتمدد بمقدار $\frac{١}{٣٠,٠٠٠,٠٠٠}$ من طوله عند ما يكون تحت تأثير قوة شد قدرها عشرون رطلاً ويلاحظ أن الكمية ٣٠,٠٠٠,٠٠٠ يقال لها المرونة فى الصلب وبما اننا لو استعملنا قوة شد واحدة

فان قيمة التمدد تزداد كلما قلت مساحة القضيب وبالعكس تقل قيمة التمدد كلما زادت هذه المساحة (ذلك لأنه كلما زادت مساحة القضيب كلما زادت معها المقاومة ضد الشد وبذا يقل التمدد) فمن ذلك يمكن استنباط الآتى :

$$ش^{ف} = \frac{ط \times ش}{م \times ى}$$

ش^ف = فرق الشد للقدم الواحد

ط = طول الشريط بالقدم

ش = قوة الشد فى الشريط بالارطال

م = مساحة قطاع الشريط

ى = قيمة مرونة الصلب

مثلاً شريط طوله ٣٠٠ قدم قيست به مسافة طولها ٣٠٠ قدم وكان الشريط تحت تأثير قوة شد قدرها ١٥ رطلا فلو كانت مساحة قطاع الشريط هى ٠,٠٠٢٥ بوصة مربعة فما هو طول الخط الحقيقى — بالرجوع الى المعادلة السابقة

$$ش^{ف} = \frac{١٥ \times ٣٠٠}{٠,٠٠٢٥ \times ٣٠,٠٠٠,٠٠٠} = ٠,٠٦ \text{ قدم}$$

وبما أن الشريط يتمدد ٠,٠٦ قدما إذن فطول الخط الحقيقى = ٣٠٠ + ٠,٠٦ = ٣٠٠,٠٦ قدماً

ويلاحظ ان عملية الحساب فى المثال السابق أجريب باعتبار ان طول الشريط ٣٠٠ قدماً عند ما لا يكون تحت تأثير أى شد كان ولكن لو كان الشريط = ٣٠٠ قدماً وهو تحت تأثير قوة شد ما فمن الضرورى طرح قوة الشد هذه من قوة الشد عند ما أجريت عمليـة المقاس المبينة مثلاً لو كان طول الشريط هو ٣٠٠ قدم عند ما كان تحت تأثير قوة شد قدرها

٥ رطل فان قيمة الشد الواجب مراعاتها عند عملية الحساب هى ١٥ — ٥ = ١٠ أرطال أى ان قوة الشد عند عملية المقاس ارتفعت ١٠ أرطال عن وقت اختبار الشريط

« عملية حساب مساحة قطاع »

بما انه قد يكون من الصعب مقاس سمك صلب الشريط لإمكان معرفة المساحة الحجمية للشريط فهناك طريقة أدق وهى معرفة عدد البوصات المكعبة فى الشريط وقسمتها على طول الشريط مقدراً بالبوصة فخارج القسمة هو مساحة قطاع الشريط ولعمل ذلك يتبع الآتى :

يجب أن يطوى الشريط مجرداً من مقبضيه ويوزن وبما انه معلوم ان القدم المكعب من الصلب يزن تقريباً ٤٩٠ رطلاً فان وزن الشريط مقسوماً على ٤٩٠ مضروباً فى ١٧٢٨ (وهى عدد البوصات المكعبة الموجودة فى القدم المكعب ١٢ × ١٢ × ١٢) وبما ان ١٧٢٨ ÷ ٤٩٠ = ٣٫٥ تقريباً

من هنا ينشأ ان مساحة قطاع شريط ما يمكن ايجادها بالطريقة الآتية :

$$م = \frac{٣٫٥ \times ز}{ط}$$

م = مساحة القطاع بالبوصة المربعة

ز = زنة الشريط بالارطال

ط = طول الشريط بالبوصات

مثال لو ان شريطاً طوله ٣٠٠ قدم ووزنه $٢\frac{٥}{٨}$ رطلاً فما قيمة مساحة قطاعه

$$م = \frac{٣٫٥ \times ٢\frac{٥}{٨}}{١٢ \times ٣٠٠} = ٠٫٠٠٢٦$$ بوصة مربعة

« لإيجاد طول الشريط بواسطة الاختبار »

لو أريد معرفة طول شريط ما وهو تحت تأثير قوة شد ما فيمكن معرفة ذلك بواسطة الاختبار الفعلى مثلاً لنفرض ان شريطاً ما طوله ٢٠٠ قدماً يكون صحيحاً عند ما يكون تحت تأثير قوة شد قدرها ١٠ أرطال ويراد معرفة التمدد فى القدم الواحد لكل زيادة فى الشد قدرها رطل

تثبت احدى طرفى الشريط وتوضع قطعة مسطحة من الزنك تحت علامة ال ٢٠٠ قدم (أعنى آخر الشريط) وبعد ذلك تتزايد قوة الشد فى الشريط تدريجياً وتوضع علامة دقيقة فى نهاية الشريط عند كل شد معين — ومن ذلك يعرف أن المسافة من العلامة الأولى الى العلامات التى تتبعها هى مجموع التمدد الناشىء من قوة الشد ولنفرض ان النتائج التى حصلنا عليها هى :

الشد بالأرطال	١٠	١٤	١٨	٢٢	٢٦	٣٠
	٠٠	٥٧٠	١,١٢	١,٧٧	٢,٣٥	٢,٩٣

أى انه عند ما تزيد قوة الشد أربعة أرطال فان التمدد يكون ٥٧,٠ من البوصة أو ١٤,٠ بوصة لكل رطل وعند ما تزيد قوة الشد ٨ أرطال يبلغ التمدد ١,١٢ بوصة أى ١٤,٠ لكل رطل وهكذا فتوسط التمدد للرطل الواحد هو ١٤٦,٠ أو ما يقرب من ٠١٢, قدم ولكن بما ان هذا التمدد ينشأ فى شريط طوله ٢٠٠ قدم فان التمدد الذى يخص القدم الواحد هو $\frac{\text{٠١٢,}}{\text{٢٠٠}}$ = ٠٠٠٠٦, قدماً أو بمعنى آخر لو رمزنا

للتمدد الناشئ من زيادة فى الشد قدرها رطل هو ت

قوة الشد بالأرطال ش

طول الشريط ط

الفرق الناشئ من زيادة الشد فى جميع الشريط ف

اذن ف = ت × ش × ط

مثال أوجد الفرق الناشىء من زيادة الشد لشريط صاب عند قياس مسافة طولها ١٥٠ قدماً تقريباً إذا كان التمدد هو ٠٠٠٠٥٦, قدم للقدم الواحد لكل رطل زيادة فى الشد مع العلم بأن الشريط كان تحت تأثير قوة شد قدرها ١٥ رطلاً

الحل

ف = ٠٠٠٠٥٦, × ١٥ × ١٥٠ = ٠١٢٦, قدماً

﴿ تصحيح تقوس الشريط ﴾

عند ما يطرح الشريط على قاعدتيه ينشأ فى الشريط من ذلك تقوس فى وسطه يمكن عمل حسابه ويجب ملاحظة أن المقاس المدوّن تقريبي وبه زيادة ناشئة عن هذا التقوس

ويجب إذ ذاك عمل حساب هذا التقوس وتنزيله من طول الخط (وعملية هذا التقوس تختلف باختلاف أهميـة المقاس) فانه عندما يقاس خط ليس من الأهمية بدرجة عظيمة فيكتفى بزيادة قوة الشد حتى يظن أنها كفيلة بمحو هذا التقوس ولكن ذلك عمل غير دقيق بالنظر إلى الدقة المطلوبة فى قواعد المثلثات التى يجب عند مقاسها عمل حساب التقوس وقوة الشد كل على حدته

يجهز وتدان من الخشب طول الواحد أربعين سنتميتراً تقريباً ويجب

أن يكونا من ذات أربعة جوانب مسطحة تماماً ثم يثبتان فى الأرض تثبيتاً رأسياً دقيقاً عند أول الشريط وعند آخره تماماً ثم توضع قبضة الشريط على الأرض وفى إحدى جوانب أى الوتدين ويشد الشريط بقوة ١٠ أرطال أو ١٥ رطلاً مثلاً ويعين أول الشريط وآخره بخطين فى جانبى الوتدين ثم يصير مد هذين الخطين إلى الجهة الرأسية حتى يتقاطعا مع السطح العلوى للوتدين بعدذلك توضع قبضة الشريط فوق إحدى الوتدين (فى أعلاهما) وفوق إحدى الخطين المذكورين ويشد بنفس القوة ويجب أن يراعى أن لا يمر الشريط مطلقاً على الأرض ويؤشر بخطين فوق الوتدين عند أول الشريط وآخره فالمسافة بين هذا الخط والخط الآخر (الممتد من أسفل) على نفس الوتد هو الفرق بين المقاس فى حالتى التقوس وعدمه وتعمل هذه العملية مرات عديدة ويؤخذ متوسطها ليرجع إليه عند عمل حساب طول القاعدة

﴿ تحويل المقاس الى مقاس أفقى ﴾

لو كان ارتفاع نقطتى القاعدة عن سطح البحر ليس واحداً بمعنى أن إحداهما ترتفع عن الأخرى والخط الواصل بينهما يكوّن زاوية مع الأفق فانه من الضرورى معرفة الخط الأفقى الواصل بينهما ومعرفته سهلة للغاية

وذلك بضرب المقاس الذى عمل (بعد عمل التصحيح اللازم لحرارة الجو والشد والتقوس) فى جيب تمام الزاوية الواقعة ما بين الخط المقاس وخط الأفق

بمعنى أن

م = ط × جيب تمام ز

م = المسافة الأفقية

ط = طول القاعدة (بعد التصحيح للحرارة والشد والتقوس)

ز = زاوية الارتفاع أو الانخفاض (عن الأفق)

وهناك طريقة أخرى وهى أن الخط الأفقى = الجذر التربيعى للفرق بين مربعى الخط المقاس وفرق ارتفاع النقطتين عن بعضهما مثلاً لو كانت إحدى النقطتين ترتفع عن الأخرى ٤٠ متر وطول القاعدة هو ٩٠٠ متر فان الطول الأفقى للقاعدة هو

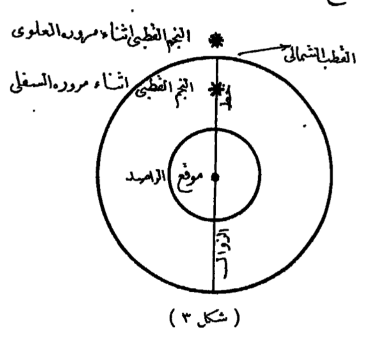
$$\sqrt{٩٠٠^{٢} - ٤٠^{٢}} = \sqrt{٨١٠٠٠٠ - ١٦٠٠} = \sqrt{٨٠٨٤٠٠}$$

= ٨٩٩,١ متر وهو الطول الحقيقى للقاعدة

« تعيين الشمال الحقيقى بواسطة الرصد على النجم القطبى »

علمنا أن النجم القطبى يبعد عن القطب الشمالى بما يقرب من ١٨َ ١ْ تقريباً إذن فهو ليس فى الشمال الحقيقى تماماً ونظراً لأن الكرة الأرضية (كما سبق أوضحنا) تدور من الغرب إلى الشرق مرة كل أربعة وعشرين ساعة حول محورها (المثبت طرفاه فى القطبين الشمالى والجنوبى) فيأتى إذ ذاك وقت يكون النجم القطبى فيه جهة الشمال الحقيقى تماماً أى يكون فى امتداد خط زوال الراصد بالقطب الشمالى ويسمى إذ ذاك بوقت المرور العلوى للنجم القطبى وبعد مضى الاثنى عشر ساعة (ساعة نجمية) على هذا الوقت تكون الكرة الأرضية قطعت نصف دورتها ويكون النجم القطبى إذ ذاك

واقعاً فى اتجاه الشمال الحقيق انما جهة الجنوب من القطب الشمالى ويسمى إذ ذاك بوقت المرور السفلى ونظرة واحدة إلى هذا الرسم (شكل ٣) كفيلة بإيضاح الحقيقة تماماً



(شكل ٣)

وتسهيلاً للفهم وزيادة فى الإيضاح نضرب صفحاً عن دوران الأرض ونتمسك بما يؤثره هذا الدوران من الحركة المحسوسة المرئية بالعين فكما أن هذا الدوران يؤثر فى رؤية الشمس حتى أنها ترى كما لو كانت تشرق وتغرب كذلك يؤثر فى النجوم وترى كما لو كانت تشرق وتغرب ويدخل ضمن النجوم النجم القطبي ولكن نظراً لقربه من الشمال (القطب الشمالى) فحركته غير منظورة اللهم إلا للراصد المدقق ويرى فى هذه الحالة وهو يتم دورة كاملة حول مركز وهمى (هو القطب الشمالى) ونصف قطر هذه الدورة هو ١٨َ ١ْ تقريباً (وهذا المقدار ينقص على ممر الأيام) وذلك فى مدة أربعة وعشرين ساعة نجمية أو ٤,٠٩ً ٥٦َ ٢٣س شمسية وطبعاً أثناء هذه الدورة يكون من القطب الشمالى فى أوضاع مختلفة جهة المشرق منه

وجهة الشمال وجهة الغرب وجهة الجنوب فان كان جهة الشرق فهو طبعاً يكون بعيداً عن القطب إلى الجهة الشرقية أى لا يكون فى الشمال الحقيقى بالنسبة الى الراصد كذالك الحال متى كان فى الجهة الغربية منه أما اذا كان فى الجهة الشمالية فمعناه أن خط النظر ما بين الراصد والنجم القطبى يمر طبعاً بالقطب الشمالى ويكون الرصد على النجم فى هذه الحالة كما لو كان على القطب الشمالى كذالك الحال متى كان فى مروره السفلى انظر الرسم نمرة (٣)

وها قد وضعنا جداول عن هـذه الأوقات لمدة ست سنوات ابتداء من سنة ١٩٢٠ (تاريخ البدء فى وضع هذه الرسالة) لغاية ١٩٢٥

ورب سائل يقول هل يمكن استعمال هذه الجداول لـكافة أنحاء العالم أم يراعى فيها الفرق فى الزمن الناشئ عن اختلاف خطوط الطول وإن كانت الثانية فلأية جهة من سطح الكرة الأرضية وضعت هذه الجداول ؟؟؟

سؤال لايخلو من التعقيد . إلاّ أن الباحث المدقق يرى أن هذه الأوقات تستعمل لـكافة انحاء العالم لأنه لو فرضنا أن النجم القطبى يكون فى مروره العلوى ليوم أول ابريل سنة ١٩٢٠ فى الساعة الثانية عشر ظهراً فمعناه أنه يكون فى هذا الوقت (أى وقت الزوال) فى الشمال الحقيقى تماماً بالنسبة لانحاء العالم لأن النجم ثابت فى مكانه واختلاف خطوط الطول لأمكنة العالم متفق عليه فى ضبط المواقيت والساعات بمعنى أن النجم القطبى عند ما يكون فى الساعة ١٢ ظهراً جهة الشمال الحقيقى بالنسبة للقاهرة فنى هذه اللحظة (ولم نقل فى هذا الوقت أى الساعة) لا يكون جهة الشمال بالنسبة إلى لندن إذ لا يعقل أن يكون النجم جهة الشمال فى

لحظة واحدة بالنسبة لبلدين ليسا على خط طول واحد لأن الساعة بلندن إذ ذاك تكون العاشرة صباحاً (أنظر صحيفة ١٩ من خطوط الطول) ويكون النجم طبعاً بعيداً عن الشمال بالنسبة لها حتى اذا ما انحرفت القاهرة جهة الشرق بتأثير دوران الأرض فلا يمضى مدة ساعتين (وهى فرق خطى الطول بين القاهرة ولندن) حتى يقع النجم القطبي فى الشمال الحقيقى تماماً بالنسبة الى لندن ويكون الوقت إذ ذاك الثانية عشر ظهراً (أى كما هو موضح بالجدول) كذاك الحال فى أمريكا واليابان وكافة أنحاء العالم أو بمعنى آخر لا تمضى مدة ساعتين حتى تقع لندن فى اتجاه القطب الشمال والنجم القطبي (وهما ثابتان فى مكانهما) ويكون الرصد فى هذه الحالة كما لو كان على القطب الشمالى

نظرية هامة

لو كان اليوم النجمى يساوى اليوم الشمسى إذن لما كان هناك حاجة لذكر هذه الجداول إلا أنه نظراً لأن اليومين غير متساويين وبهما فرق يقرب من ٣,٩٥ دقيقة فان وقت المرور العلوى ينقص تدريجيا يوميا بهذا المقدار فلو علمنا مثلاً وقت المرور العلوى لأى يوم وطبقنا عليه هذه النظرية لامكن معرفة وقت المرور العلوى لأى يوم آخر مقربا إلى أجزاء الدقيقة هذا وعند الرصد وتطبيق هذه الجداول عليها يجب مراعاة أن الوقت المبين بها هو وقت فلكى أى يبتدئ من الظهر وينتهى بانتهاء الظهر من اليوم التالى أى طوله ٢٤ ساعة تماماً ويجب ملاحظة تحويل الوقت المبين بساعة الراصد إلى الوقت المحلي بمعني أنه يراعي موقع الراصد بالنسبة إلى المرصد المخصص

لضبط الساعات فى هذه المملكة فإن كان الراصد فى المحروسة مثلاً فلا حاجة به إلى تحويل ساعته إلى وقت محلى لأن الوقت المبين بها هو الوقت نفسه الذى أنبأت به الرصدخانة أما إذا انتقل الراصد إلى جهة أخرى بعيدة عن القاهرة ولتكن الاسكندرية مثلاً فيجب مراعاة أن الاسكندرية غرب القاهرة بما يقرب من الخمسة دقائق أى أن الساعة بها ٥٥َ ١١ً حينما تكون بالقاهرة الثانية عشر ظهراً

﴿ الرصد على النجم القطبى اثناء مروره العلوى لخط الزوال ﴾

علمنا أن النجم القطبى يمر فى إتجاه الشمال الحقيقى تماماً مرتين كل يوم ففى احداهما يكون فى هذا الإتجاه جهة الشمال من القطب الشمالى وفى الآخر جهة الجنوب منه

تجد بجدول نمرة ١ الأوقات الفلكية التى يكون النجم القطبى فيها فى مروره العلوى بالنسبة لخط الزوال وذلك لمدة ست سنوات ابتداء من سنة ٩٢٠

فالعمود الأيمن من الجدول يوضح الفرق بالدقائق ما بين وقتى مرورين علويين ليومين متتابعين ويستعمل هذا الفرق لأى يوم فى التواريخ المحصورة بين نفس السطر الأفقى له وما يليه فمثلاً الفرق ٣,٩٥َ الموضح أمام أول يناير سنة ٩٢٠ يوضح أن ما بين أول يناير سنة ٩٢٠ و١٥ منه ينقص وقت المرور العلوى يومياً بمقدار ٣,٩٥َ (وهى كما سبق أوضحنا الفرق بين اليومين الشمسى والنجمى) فمثلاً وقت المرور العلوى ليوم ٨ يناير سنة ٩٢٠ يمكن معرفته وذلك بان نطرح من وقت المرور العلوى ليوم أول يناير سنة ٩٢٠

هذه الكمية ٣,٩٥ × ٧ = ٢٧,٦٥َ وهى السبعة أيام التى تمضى ما بين أول يناير و ٨ منه

وتسهيلاً للعمل ومنعاً مما عساه ينشأ من الخطأ فى عملية الحساب قد أوجدنا جدول نمرة ٢ به التصحيحات التى يجب مراعاتها فى أواسط الشهر فلنفرض مثلاً أنه أريد معرفة وقت المرور العلوى ليوم ٩ اكتوبر سنة ٩٢٠

الفرق لليوم الواحد الموضح تجاه أول اكتوبر سنة ٩٢٠ هو ٣,٩٣َ دقيقة وبالبحث عن هذه الكمية بجدول نمرة ٢ فى الأعمدة الرأسية نجد أن الرقم ٣١,٤ دقيقة يقع فى هذا العامود وتجاه التاريخ ١٩ أو ٢٣ وبطرح ٣١,٤ دقيقة ينشأ أن ٧,٤٩َ ١٢س — ٣١,٤َ = ١٨,٣َ ١٢س وهو وقت المرور العلوى ليوم ٩ اكتوبر سنة ٩٢٠ ويجب ملاحظة أنه فى التواريخ المحصورة ما بين ١٢ أبريل سنة ٩٢٠ و١٥ منه فان التصحيح الموجود بجدول نمرة ٢ لا يمكن طرحه وذلك لأن المطروح منه أقل من المطروح ففى هذه الحالة يجب إضافة ٥٦,١َ ٢٣س (وهو اليوم النجمى الحقيقى ما بين مرورين علويين متتابعين) الى المطروح منه لإمكان أجراء عملية الطرح

﴿ وقت المرور السفلى ﴾

بما أن النجم القطبى يتمم دورة كاملة حول القطب فى مدة ٥٦,١َ ٢٣س أذن فهو يقطع نصف الدائرة فى ٥٦,١َ ٢٣س ÷ ٢ = ٥٨َ ١١س تقريباً أذن فهو يمر بمروره السفلى بعد ٥٨َ ١١س من وقت مروره العلوى فلو كان وقت المرور العلوى لأى يوم من الأيام كالموضح بجدول نمرة ١ يقل عن ٥٨َ ١١س فان

هذه الكمية تضاف الى وقت المرور العلوى وذلك لإمكان معرفة وقت المرور السفلى أما إذا كان وقت المرور العلوى يزيد على ١١ س ٥٨ َ فان هذه الكمية يجب طرحها من وقت المرور العلوى لنفس اليوم وبالرجوع الى (شكل ٤) يمكن ايضاح ذلك تماماً.

ا ع ب ل هى الدائرة التى يقطعها النجم القطبي حول القطب متجهاً فى اتجاه السهم أى فى اتجاه عكسى لعقربي الساعة فى مدة ٢٣ س ٥٦,١ و ل ع هو الشمال يقطع النجم احدى انصاف الدائرة ل ا ع أو ع ب ل فى ما يقرب من ١١ س ٥٨ َ ونرمز لهذا الوقت بحرف « ق » . فلو كان الوقت حينما يكون النجم فى ع (وهو المرور العلوى) اقل من ١١ س ٥٨ َ فمعناه انه عند ابتداء اليوم كان النجم فى نقطة س مثلاً على يمين ل (المرور السفلى) وقبل نهاية اليوم فان النجم سيقطع طريقه فى ع ب ل س ماراً بالشمال فى نقطة ل (المرور السفلى) بعد مضى « ق » من الوقت زيادة عن وقت مروزه بنقطة ع (المرور العلوى) أما اذا كان الوقت حينما يكون النجم فى نقطة ع اكبر من ق ١١ س ٥٨ َ فمن هذا يستنتج انه عند ابتداء اليوم كان النجم عند نقطة س على يسار نقطة ل (المرور السفلى) فعند مروره طبعاً من نقطة سَ

(شكل ٤)

الى ع يمر بنقطة ل (المرور السفلى) بمقدار «ق» من الوقت قبل أن يصل ع فمن هذا ينشأ أنه يمكن معرفة وقت المرور السفلى بطرح ق من الوقت من وقت المرور العلوى .

﴿ تعيين الشمال الحقيقى بواسطة الرصد على النجم القطبى ﴾

انتخب يوما من أيام السنة يكون النجم القطبى فى احدى مروريه العلوى أو السفلى ليلاً (ويحسن أن يكون فى أوائل الليل) وبالرجوع الى جدول نمرة ١ يمكن تعيين الوقت الحقيقى لاحدي المرورين كما أنه يجب الاعتناء التام فى تحويل أوقات هذه الجداول الى الوقت المدنى (بمعنى أن الوقت الموضح بالجدول يبتدئ من الظهر وينتهى الى الظهر) بخلاف الساعات التى نستعملها فانها تبتدئ من منتصف الليل الى الظهر ومن الظهر الى منتصف الليل) وقبل المرور بخمسة عشر دقيقة تقريباً ضع التيودوليت وضعاً أفقياً (كما هو معلوم فى غير هذا المكان) فوق احدى نقط مثلثات القاعدة المراد معرفة انحرافها عن الشمال وفى هذه الحالة يجب أن يكون فوق النقطة الأخرى للقاعدة نور مصباح مضىء ثم وجه نظارة التيودليت الى النجم بعد أن تضع ورنية A على صفر الدرج وقليل من الدقائق (وتدون هذه القراءات باستمارة خاصة لذلك) ويجب أن يكون لديك مصباح مضىء معلق بجانب العدسة الشيئية للتيودوليت ومنحرف عنها جهة اليمين أو اليسار قليلاً حتى تضىء شعرتى التقاطع ويمكن لك رؤيتهما ثم اربط مسمار الحافتين العليا والسفلى (بعد أن تكون وجهت التيودوليت الى النجم) وبواسطة مسمار الحركة البطيئة للحافة السفلى حرك التيودوليت حتى يقع النجم فى تقاطع الشعرتين واتبع سيره بتحريك نفس المسمار حتى يحل

الوقت لمروره العلوى أو السفلى (الذى يحسن أن يبلغ عنه بواسطة مساعد خصيص لهـذه الغاية) ثم اقرأ وزنتى A و B ثم فك مسمار الحافة العليا ووجه النظارة الى نقطة القاعدة الأخرى واربط مسمار الحافة العليا و بواسطة مسمار الحركة البطيئة للحافة العليا اجعل المصباح (الذى على النقطة المرصود عليها) فى تقاطع شعرتى النظارة ثم اقرأ وزنتى A و B واطرح القراءة الأولى للوزنتين (عند الرصد على النجم) من القراءة على المصباح (نقطة القاعدة) فمتوسط الطرح هو قيمة الزاوية التى تنحرف بها القاعدة عن الشمال الحقيقى وهو ما يعبر عنه (Azimuth) ولنضرب لك مثالاً

لإيجاد وقت المرور العلوى ليوم أول سبتمبر سنة ١٩٢٠

الحل

جدول نمرة ١ يبين أن المرور العلوى ليوم أول سبتمبر سنة ١٩٢٠ هو ٤٧,٤َ ١٤س أى ١٤ ساعة بعد الظهر أو الثانية بعد منتصف الليل) ثم الفرق لليوم الواحد هو ٣,٩٢َ وبالرجوع الى جدول نمرة ٢ تجد أن التصحيح الواجب مراعاته تحت الرقم ٣,٩٢َ وتجاه يوم ١٢ هو ٤٣,١ وبطرحه من ٤٧,٤َ ١٤س ينشأ أن ٤٧,٤َ ١٤ — ٤٣,١َ =٤٣َ ١٤س ولكن ١٤ ساعة معناه أن الساعة تكون الثانية بعد منتصف الليل أى الثانية صباحاً ليوم ١٣ سبتمبر سنة ٩٢٠ لأن اليوم عند الفلكيين يبتدىء من الظهر الى الظهر

مثال آخر

أوجد وقت المرور السفلى للنجم القطبى ليوم ١٣ ابريل سنة ١٩٢١

من جدول نمرة ١ المرور العلوى ليوم أول ابريل سنة ١٩٢١

س	
٠٠	٥٢٫٤
٢٣	٥٦٫١
٢٤	٤٨٫٥

وباضافة يوم نجمى عليها

أوجد الفرق لليوم الواحد ٣٫٩٣َ ثم التصحيح من جدول نمرة ٢

ساعة

لعامود ٣٫٩٣ تجاه يوم ١٣ هو ٤٧٫٢ وبطرحه من ٤٨٫٥َ ٢٤

	٤٧٫٢	
وقت المرور العلوى ليوم ١٣ ابريل سنة ١٩٢١	١٫٣	٢٤
« « السفلى « « « « «	٥٨٫٠٠	١١
	٣٫٣	١٢

تعيين الشمال الحقيقى بواسطة الرصد على النجم القطبي وهو في اقصى مروره شرقاً أو غرباً

قد لا تصلح فى كثير من الأحوال أوقات إحدى المرورين العلوى أو السفلى للرصد بأن يكون العلوى فى الساعة السادسة صباحا والسفلى فى الساعة السادسة مساء مثلاً وكلاهما لا يصلح للرصد لأنهما أثناء النهار فى فصل الصيف أو بأن يكونا فى الساعة الثانية عشر ظهراً والثانية عشر مساء فأولها لا تظهر فيه النجمة وثانيهما فى ساعة متأخرة من الليل لذا فكرنا فى إيجاد أوقات أُخرى وهى وسط بين هذا وذاك للرجوع إليها فى مثل هذه الأحوال وقد يكون الرصد فى هذه الأوقات أكثر دقة وأجلى وضوحا من غيرها وتسمى بأوقات أقصى المرورين شرقا وغربا

يقال للنجم أنه فى أقصى مروره شرقاً حينما يبلغ منتهى الشرق لدورته اليومية حول القطب الشمالى ويقال له فى أقصى مروره غربا حينما يبلغ منتهى الغرب من هـذه الدورة ويلاحظ أنه عند بلوغه هذين النقطتين

(أقصى المرورين شرقاً وغرباً) يغير إتجاهه فجأة من اليمين إلى اليسار أو من اليسار إلى اليمين

وقد علمنا أن النجم القطبي يتمم دورة كاملة حول القطب الشمالى ماراً بالمرورين العلوى والسفلى مرة كل ٥٦َ,١ ٢٣ّ فطبعاً أثناء هذه الدورة يمر بالنقطة ا من شكل ٤ وهى أقصى مروره شرقاً ويراعى فى هذه الحالة أنه عند وصوله لهذه النقطة ا يتجه فى إتجاه مضاد لاتجاهه الأسبق لأنه قبل وصوله إليها كان متجهاً من اليسار إلى اليمين (أى من الغرب إلى الشرق) حتى إذا ما وصل إليها تراه وقد وقفت حركته لحظة عن المسير ثم يعكس سيره ويتجه من اليمين إلى اليسار أى من الشرق إلى الغرب

إذن فهذان المروران يصلحان كثيراً للرصد على النجم لتعيين الشمال الحقيقى وللوصول إلى ذلك وجب علينا وضع جداول تبين إنحراف هذا النجم عن الشمال أثناء هذين المرورين لسنين متعددة ولإما كن مختلفة خطوط عرضها ومتى عرف مقدار هذا الإنحراف فى يوم الرصد فليس هناك لتعيين الشمال الحقيقى سوى أن يرصد على النجم القطبي فى إحدى هذين المرورين حتى إذا ما بلغ إحداهما تماماً تؤخذ زاوية تساوى إنحراف النجم القطبي عن الشمال فى هذه السنة (وهى موضحة بجدول نمرة ٣) وتنحرف نظارة التيودوليت بمقدارها شرقاً إن كان النجم فى مروره غربا أو غربا إن كان النجم فى مروره شرقاً

« أوقات أقصى المرورين شرقاً وغرباً »

يكون النجم القطبي فى أقصى مروره شرقاً وذلك قبل وصوله إلى

المرور العلوى بمقدار ٥٩ ٥ دقيقة س تقريباً ويكون فى أقصى مروره غرباً وذلك بعد وصوله إلى المرور العلوى بهذا المقدار أيضاً

لذا فأوقات المرورين الشرقى أو الغربى يمكن تعيينها من جدول نمرة ١ الخاص بمعرفة أوقات المرور العلوى كما أنه يجب ملاحظة أنه لا داعى لتعيين وقتى المرورين الشرقى والغربى بالدقة بل يكتفى بتعيينها بوجه التقريب ليعلم الراصد فى أية ساعة من الليل يبدأ عملية الرصد — جدول نمرة ٣ . موضح به جهة اليسار خطوط العرض التى يجب مراعاتها بمعنى أنه يجب معرفة خط عرض مكان الراصد أولاً ثم تعيين الإنحراف مقدراً بالدرج والدقائق والثوانى الواقع أمام خط عرض الراصد وهذه الزاوية هى التى ينحرف بمقدارها النجم شرقاً أو غربا كما أوضحنا

عملية الرصد على النجم القطبى أثناء احدى مروريه شرقاً أو غرباً وتعيين الشمال الحقيقى بواسطتها

عين وقت المرور الشرقى أو الغربى كما أوضحنا ذلك فى البند السابق وقبل حلول الوقت بمقدار ٣٠ دقيقة ضع التيودوليت وضعاً هندسياً فوق إحدى نقطتى القاعدة المراد معرفة إنحرافها عن الشمال الحقيقى ثم يجعل التيودوليت أفقياً (ويجب أن يكون التيودوليت قد ضبط من كل أوضاعه ولا داعى لذكر ذلك هنا إذ قد أسهب فى إيضاح ذلك فى رسالات مدرسة المساحة) — توضع الورنية على صفر درج وبضعة دقائق ويربط مسمار الحافة العليا وتقرأ وتدون بدفتر الأرصاد ثم توجه النظارة إلى النجم القطبى ويربط مسمار الحافة السفلى ثم اتبع سير النجم وذلك بتحريك مسمار الحركة

البطيئة للحافة السفلى فلو كان النجم مقترباً إلى المرور الشرقى فإن حركة سيره تكون جهة اليمين وإن كان مقترباً من مروره الغربى تكون حركة سيره جهة اليسار (ولا يفوتنك أن نظارة التيودوليت من شأنها عكس الأوضاع والإتجاهات) وعند ما يقرب من إحدى المرورين فإنه يرى وقد وقفت حركة سيره الأفقية وترى صورته متحركة بحركة رأسية ففى هذه اللحظة يكون النجم قد اقترب من إحدى مروريه شرقا أو غرباً حتى إذا ما اتجه فى اتجاه مضاد لإتجاهه الأسبق ففى هذه اللحظة يكون قد وصل نقطة إحدى المرورين الشرقى أو الغربى تماماً بحسب حركة سيره وبذا تمت عملية الرصد .

يحرف التيودوليت بمقدار الزاوية الموضحة بعامود السنة المرصود فيها وتجاه خط عرض المكان جهة اليمين إن كان النجم فى مروره غرباً أو جهة اليسار إن كان فى مروره شرقا ومنها تقرأ زاوية إنحراف القاعدة عن الشمال هذه هى الطريقة المثلى لتعيين الشمال الحقيقى ولكن هناك طرقا أخرى سنذكرها هنا على سبيل العلم بالشىء

يراقب الراصد إحدى النجوم (المضيئة) أثناء شروقها تماماً أى عند ما تبتدىء فى الظهور جهة الشرق بموازاة الأفق تماماً ثم يتبع سيرها وترى وهى ترتفع تدريجياً حتى إذا ما وصلت إلى خط الزوال ترى وهى تنخفض تدريجياً ثم يراقب سيرها جهة غروبها حتى إذا ما صارت بموازاة الأفق تماماً وابتدأت فى الاختفاء تنصف الزاوية المحصورة ما بين نقطتى شروقها وغروبها ويكون خط التنصيف هو الشمال الحقيقى أو اتجاه خط الزوال ويلاحظ أنه هو الخط الذى مرت به النجمة فى أقصى ارتفاع لها وابتدأت عنده وصوله الى الانخفاض

ولكن التجارب أثبتت أن هذه الطريقة وإن كانت سهلة الاستعمال إلاَّ أنه لا يمكن استعمالها إلاَّ اذا كان الأفق مكشوفاً ولا يكون ذلك إلاَّ اذا كان موقع الراصد على شاطىء البحر ومع ذلك فهى قليلة الاستعمال لعدم ضبط الارصاد بالقرب من الأفق نظراً للانكسار الفلكى وسنأتى على شرحه وقانونه

وقد يمكن تعيين خط الزوال (الشمال الحقيقى) برصد إحدى النجوم وهى نحو الشرق أو الغرب ليست عند ما تكون بموازاة الأفق (كما فى الحالة السابقة) بل حينما تكون مرتفعة عن الأفق بارتفاع واحد نحو الشرق والغرب وتسمى حينئذ بطريقة الارتفاعات المتطابقة وكيفية عملها هى أن توجه النظارة الى إحدى النجوم جهة الشرق وذلك بعد ربط ورنيه « A » على الصفر تماماً ثم تقرأ الزاوية الرأسية التى ترتفع بها هذه النجمة عن الأفق ويحسن أن يربط مسمار النظارة حتى تحفظ ارتفاعها ثم يفك مسمار الحافة العليا وينتظر وقت مرور هذه النجمة جهة الغرب بارتفاع يساوى الارتفاع السابق حينما كانت جهة الشرق — حتى اذا ما مرت فى تقاطع الشعرتين تماماً (الأفقية والرأسية) تقرأ الورنية فى الدائرة الأفقية وتنصف الزاوية ويكون خط التنصيف هو الشمال الحقيقى تماماً

الجو وتركيبه وثقله

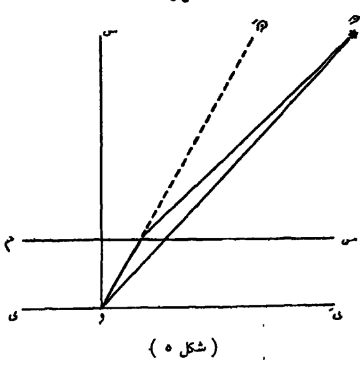
الأرض محاطة من جميع الجهات بطبقة غازية وجودها ضرورى لحفظ حياتنا وتسمى هذه الطبقة بالجو أو الهواء وليس الهواء جسماً بسيطاً بل هو مركب من ٢٠,٨ جزءاً من الاوكسجين و ٧٩,٢ جزءاً من الأزوت فى

المائة من الحجم ومن حيث ثقله فانه يتركب من ٢٣ جزءاً من الاوكسيجين و٧٧ جزءاً من الأزوت

وخواص الجو تماثل خواص جميع الغازات بمعنى أن له ثقلاً وان فيه خاصة الانتشار ويعرف أن له ثقلا بواسطة البارومتر ولكن كثافته وقوة انتشاره فى الطبقات المختلفة تأخذ فى النقص تبعاً لارتفاعات الطبقة عن سطح الأرض لأن الطبقة العليا تضغط على الطبقة السفلى الحاملة لها ويلزم أنه كلما قربت الطبقة من نهاية الجو كانت جواهرها متمددة وقوة انتشارها ضعيفة لأنه اذا لم يكن كذلك لانتشر الجو فى الفضاء جبراً عن قوة جذب الأرض

أما وقد تكلمنا باختصار عن الجو فيجب أن نذكر شيئاً عن الانكسار الفلكى وتأثيره فى الارصاد الجوية

مما هو مقرر فى علم الطبيعة أن الأشعة الضوئية تسرى فى خط مستقيم فى الوسط المتحد الكثافة ولكن حينما تمر هذه الأشعة باواسط مختلفة الكثافة فانها طبعاً تنحرف عن اتجاهها وذلك عن تقابلها بالسطح الذى تفترق فيه كثافة الجو ويسمى تغيير الاتجاه أو انحناء الأشعة بالانكسار الفلكى كما فى شكل (٥) فمثلاً لو رمزنا ى ىَ لسطح الكرة الأرضية التي عليها موقع الراصد فى نقطة و وكان سطح الكرة الأرضية وهو ى ىَ محاطا بطبقة من الهواء ى م س ىَ ذات كثافة واحدة وبارتفاع معلوم فان الشعاع الضوئى الواصل من أى كوكب سماوى مثل ه ينحنى الى الجهة السفلى (تحت تأثير ضغط الهواء) متى وصل الى س م السطح العلوى لطبقة الهواء ويتحول ويجرى الشعاع فى خط منكسر عوضاً عن أن يسرى فى



(شكل ٥)

خط مستقيم ويؤثر هـذا الانكسار فى رؤية الكواكب السماوية تأثيراً يختلف باختلاف طبقات الجو الذى مرّ فيه الشعاع الضوئى فان الكوكب السماوى يرى فى النقطة هَ (امتداد الخط من موقع الراصد الى نقطة انكسار الشعاع بتأثير ضغط الجو) (الانكسار الفلكى) عوضاً عن أن يرى فى مكانه الأصلى وهو هـ والفرق ما بين الشعاعين ر هـ (الذى كان يجب أن يرى فيه أن لم يكن هناك انكسار فلكى) ، و هَ الذى يظهر لك الكوكب فيه هو مقدار الانكسار الفلكى .

من هنا يرى أن تأثير الانكسار الفلكى من شأنه أن يزيد فى ارتفاع الكوكب عن الأفق فالارتفاع هـ و ىَ يسمى بالارتفاع الحقيقى للكوكب كما أن الارتفاع هَ و ىَ يسمى بالارتفاع الظاهرى لكوكب ما .

ولإيجاد الارتفاع الحقيقى متى علم الارتفاع الظاهرى يجب طرح قيمة الانكسار الفلكى وهى هـ و هَ من الارتفاع الظاهرى هَ و ىَ

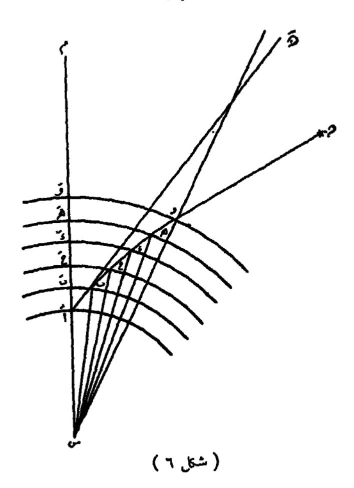
إلاّ أنه يفهم من هذا الايضاح أن الفراغ الذى يعلو السطح س م هو

خلو من الطبقات الجوية لا تأثير له وان جو الأرض المحصور ما بين م س ى ىَ هو متحد الكثافة فى جميع أبعاده وهذا خلاف الحقيقة لأن الجو كلما قارب سطح الكرة الأرضية كلما كانت كثافته عظيمة وتتلاشى هذه الكثافة شيئاً فشيئاً فى أقصى ارتفاعه ويجب أن يلاحظ أن انكسار الشعاع كلما كان قريباً من الأفق كلما كان عظيما حتى اذا ما بلغ سمت الرأس فقد انكساره

وان الشعاع الذى يسير فى مثل هذا الجو المختلف الكثافة يكون دائماً أبداً كثير التغيير والانحناء تحت تأثير اختلاف كثافة الجو بمعنى أن هذا الشعاع يتحول الى خط منحن تمام الانحناء (وذلك لأن كثافة الجو تأخذ فى الازدياد تدريجياً كلما انخفض الى الأفق) عوضاً عن أن يكون خطاً مستقيما

ونظرة واحدة الى الشكل ٦ كفيلة باثبات ذلك ولنمثل لك هذا المنحنى بالخط و ه ى ح ب اَ فان الشعاع الضوئى الذى مصدره النجمة ى يقابل أولاً سطح الجو فى النقطة و وهى أخف الجو كثافة ثم يستمر انحناؤه فى الازدياد (بتأثير زيادة كثافة الجو) كلما قارب سطوح الجو المختلف الكثافة فى النقطة ه ى ح ب حتى يصل لعين الراصد فى النقطة اَ وفى هذه الحالة يرى النجم كما لو كان فى النقطة ىَ (وهى اتجاه خط الشعاع الاخير اَ ب)

هذا ولم يقف العلماء حتى الآن على تقدير دقيق لقيمة الانكسار الفلكى الذى يجب مراعاته لأى ارتفاع لأن قيمة الانكسار فى هذه الحالة تتوقف على معرفة حرارة الجو وكثافته ليس فقط فى مساواة سطح الكرة الأرضية إنما فى كل الخط المار به الشعاع وهو اَ ب ح ى ه و إلا أنه قد صار وضع جداول يمكن الرجوع اليها فى تعيين قيمة هذا الانكسار (الذى لا يفرق



(شكل ٦)

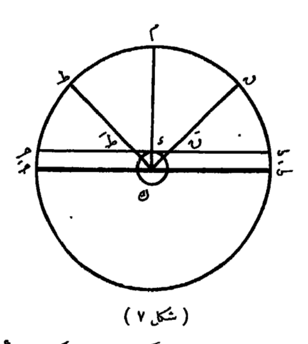
فى الغالب أكثر من ثانية واحدة) شرطاً أن يكون الكوكب المرصود عليه مرتفعاً عن أفق الراصد بما لا يقل عن عشرة درجات لأن مرور هذا الشعاع فى آلاف الأميال وفى جو كثير الكثافة لا يمكن تعيينه بدقة مهما كانت الطرق المتبعة

هذا وتجد بجدول نمرة ٤ قيمة الانكسار الفلكى لارتفاعات معينة وقد أخذناه عن العالم الفلكى الألمانى الشهير المسمى بسل Bessel واليه تنسب هذه الجداول التى وضعها بعد طول الاختبار الدقيق

من هنا يمكن معرفة الارتفاع الحقيقى لأى كوكب عن أفق الراصد بقراءة زاوية ارتفاعه. وطرح منها قيمة الانكسار الفلكى وهو الموجود تجاه هذا الارتفاع

تعيين خط عرض مكان الراصد بواسطة الرصد على النجم القطبي

خط عرض أي مكان هو عبارة عن ارتفاع القطب عن أفق الراصد في هذا المكان واليك شرح ذلك



(شكل ٧)

أن الشكل نمرة ٧ يمثل لك جزءاً من سطح الكرة الأرضية يحيط به نظيره من الكرة السماوية حَ م س هو قوس من الكرة السماوية ء م هو سمت رأس الراصد الذي موقعه فوق سطح الكرة الأرضية فى ء وبما أن المسافة من ء الى ك (التى هى نصف قطر الكرة الأرضية) تكاد تكون غير محسوسة بالنسبة للبعد العظيم ما بين الكرة الأرضية والكرة السماوية حتى أن الكرة الارضية تعتبر كنقطة صغيرة لا ابعاد لها فيمكن إذ ذاك اعتبار موقع الراصد فى ك التى هى مركز الكرة الارضية عوضاً عن ء وفى هذه الحالة يكون أفق الراصد هو سَ حَ الموازى لأفقه الأصلى س ح ولنفرض بأن ك طَ ط هو خط الاستواء وان ك نَ ن هو محور الكرة الارضية (عمودياً على خط الاستواء) أو بمعنى آخر ان المسافة ما بين خط

الاستواء وموقع الراصد مقدرة بالقوس الدرجى م ك ط (امتداد اضلاعها الى الكرة السماوية) . هو خط عرض الراصد ولكن زاوية ن ك سَ أو ن نَ س (لأن الاخيرة تساوى الأولى لانهما زاويتان متناظرتان) تساوى الزاوية م ك ط لأن كلا منهما متممة للزاوية م ك ن فمن هنا ينشأ أن ارتفاع القطب عن أفق الراصد يساوى خط عرضه

ولكن النجم القطبي يبعد عن القطب الشمالى بما يقرب من ١٨َ ١ْ فيأتى وقت يكون الرصد عليه كما لو كان على القطب الشمالى تقريباً وذلك فى أوقات احدى أقصى مروريه شرقاً أو غرباً لانه والقطب والشمالى فى هاتين الحالتين يكونان فى مستوى أفقى واحد والزاوية الرأسية المقامة على أحدهما تساوى الزاوية المقامة على الآخر إذن فلو رصدنا على النجم القطبي أثناء إحدى مروريه شرقاً أو غرباً وقيست زاوية ارتفاعه عن أفق المحروسة لكانت هى زاوية خط عرض مكان الراصد تقريباً

تعيين خطوط الطول

تنسب خطوط الطول كافة الى خط طول واحد يقال له خط الأساس أو خط الصفر ومنه تقاس كافة خطوط الطول يميناً ويساراً

وخط الطول الأساسى للقطر المصرى هو خط طول جرينوتش المار بضاحية من ضواحى لندن فخط طول القاهرة إذن هو عبارة عن المسافة (مقدرة بالدرج القوسى والدقائق والثوانى) التى تبتعد بها من خط طول جرينوتش وتعرف هذه المسافة بأنها فرق الزمن النجمى المبين على الساعة النجمية فى كل من المحروسة وجرينوتش محولاً الى درج قوسى (انظر صحيفة ١٩ من هذه الرسالة

وللوصول الى تعيين خط طول مكان ما بالنسبة الى آخر يجب استعمال ساعة نجمية دقيقة وترصد نجمة من النجوم (ويحسن أن تكون من النجوم الشهيرة) حتى اذا ما مرت هذه النجمة بخط زوال مكان الراصد تضبط الساعة على صفر ساعات وصفر دقائق وثوان أى الساعة ١٢ تماماً أى يبتدىء اليوم فى هذه اللحظة ثم يطلب بعدها من الراصد بالمكان الآخر أن يرقب وقت مرور هذه النجمة بخط زواله حتى اذا ما مرت به ضبطت الساعة على صفر أى اثنى عشر تماماً أى أن اليوم يبتدىء هناك فى هذه اللحظة وتخاطب الجهة الأولى تلغرافياً ففرق الساعتين هو عبارة عن فرق خطى طوليهما. يضرب فى ١٥ ينتج فرق طوليهما بالدرج والدقائق والثوانى القوسية فما كانت ساعتها أسبق من الثانية فهى شرق الأخرى هذا ويجب أن تعمل هذه العملية مرات عديدة زيادة فى الدقة فمثلاً لو مرت النجمة الأصلية بخط زوال المحروسة فى هذه اللحظة وضبطت الساعة على ابتداء اليوم تماماً ثم انتظر وقت مرورها بخط زوال جرينوتش وضبطت الساعة فى جرينوتش على صفر ساعات أى ١٢ ساعة تماماً ففرق الساعتين هو عبارة عن فرق خطى طوليهما

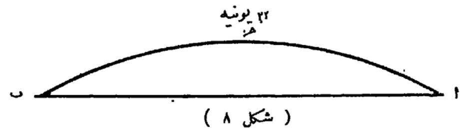
ويمكن معرفة خط طول مكان الراصد ولكن قياساً تقريباً وذلك بالرصد على الشمس عند مرورها بخط زوال الراصد أى الساعة ١٢ تقريباً (ووقت مرورها بخط الزوال هو الوقت الذى تصل فيه الى أقصى ارتفاع لها وتبتدىء بعده فى الانخفاض) ثم ترصد أيضاً بواسطة راصد آخر فى خط زوال نقطة الصفر (خط زوال جرينوتش) كالطريقة التى اتبعت فى الرصد على النجمة الأصلية إلا أن الرصد على الشمس لا يكون من الدقة كالأرصاد

على النجوم نظراً لحرارة الشمس نهاراً وقرب الشمس من الأرض وكبر حجم قرصها

تعيين خط عرض مكان الراصد بواسطة الرصد على الشمس وقت الزوال .

قبل شرح هذه الطريقة يحسن بنا أن نذكر بايضاح حركة الشمس الظاهرية فى الفضاء ومرورها بخط الاستواء وارتفاعها أو إنخفاضها عنه فى أوقات معينة من السنة وتأثير ذلك فى اختلاف الفصول

تدور الأرض دورة كاملة حول الشمس مرة كل عام واحد وينشأ من هـذه الحركة أن الشمس ترى كما لو كانت هى التى تدور حول الأرض ، وأثناء هذه الدورة تقطع الشمس مدار خط الاستواء مرتين احداهما جهة الشرق منه وهى آتية من نصف الكرة الجنوبى الى نصفها الشمالى وذلك فى ٢١ مارس والأخرى جهة الغرب منه وهى آتية من نصف الكرة الشمالى الى نصفها الجنوبى وذلك فى ٢٢ سبتمبر وتسمى هاتان النقطتان بنقطتى الاعتدالين اذ يتساوى فيهما الليل والنهار ويكون كل منهما يساوى ١٢ ساعة تماماً ، والشكل نمرة ٨ يوضح هذه الحركة — ا ب خط الاستواء



(شكل ٨)

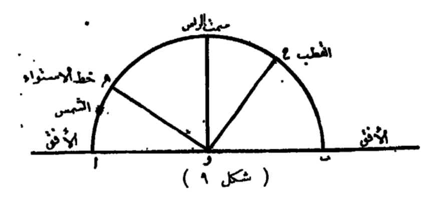
ا حـ ب هو مرور الشمس (بحركتها الظاهرية) أثناء نصف السنة من ٢١ مارس الى ٢٢ سبتمبر ونقطتا ا ، ب هما نقطتا الاعتدالين وتستغرق

الشمس سنة كاملة فى قطع هذه الدورة الظاهرية (أو بمعنى آخر ان الكرة الأرضية تتمم فى الحقيقة دورة كاملة حول الشمس فى سنة واحدة) وبما ان خط الاستواء للكرة السماوية هو دائرة على الكرة السماوية وعلى بعد ٩٠° من القطبين كما ان خط الاستواء للكرة الأرضية هو دائرة تحيط بالكرة الأرضية وعمودية على قطبيها فينشأ من هذا ان الشمس عند حركتها الظاهرية تقطع خط الاستواء مرتين كل سنة واحدة فلو رصد على الشمس فى احدى هذين الوضعين أولهما فى ٢١ مارس وثانيهما فى ٢٢ سبتمبر فان الرصد عليها يعتبر كما لو كان على خط الاستواء لأن الشمس تكون اذ ذاك فى نقطة تقابلها بخط الاستواء وتكون الزاوية المحصورة ما بين الشمس وسمت الرأس هى خط عرض مكان الراصد انظر الشكل نمرة ٩ ا ب هو أفق الراصد س سمت الرأس ع القطب الشمالى ه خط الاستواء ع ، ه متعامدان والزاوية س و ه هى خط عرض مكان الراصد

ومن هنا يمكن الاستدلال على أن الشمس ترتفع عن خط الاستواء شمالاً ابتداء من ٢١ مارس حتى تصل الى منتصف القوس ا حـ ب شكل ٨ ونقطة منتصفه هى حـ وذلك فى نصف المسافة من ٢١ مارس الى ٢٢ سبتمبر أى فى ٢٢ يونيه وتكون اذ ذاك فى أقصى ارتفاع لها ثم تبتدئ بعدها فى الانحدار وبما أن مصر واقعة شمال خط الاستواء اذن ففى هذا التاريخ تقرب الشمس جداً من سمت الرأس وتكون الحرارة فيه قوية للغاية حتى اذا ما وصلت الى نقطة ب (فى ٢٢ سبتمبر) تكون فى خط الاستواء ثم تبتدئ بعدها فى الانحدار جنوب خط الاستواء حتى تصل الى النقطة ء (غير مبينة بالشكل) منتصف القوس ا ب (جهة الجنوب) وذلك فى

٢١ ديسمبر وتكون أبعد ما يكون عن سمت الرأس ويكون الوقت شتاء ثم تبتدئ بعدها فى الارتفاع رويداً حتى تصل الى نقطة ا فى ٢١ مارس وتكون اذ ذاك فى خط الاستواء عند موضعها الأول وبذا تتم دورة كاملة

وأقصى ارتفاع تصل اليه الشمس فى ٢٢ يونيه هو ٥٠٫٤ً ٢٦َ ٢٣° ثم تبتدئ بعدها فى الانحدار حتى تصل الى نقطة ب فى ٢٢ سبتمبر فتكون فى خط الاستواء أى لا ارتفاع لها ثم تنخفض الى نقطة ء فتصلها فى ٢٢ ديسمبر ويكون انخفاضها ٥٠٫٦ً ٢٦َ ٢٣° اذن لو رصدنا على الشمس فى احدى أيام السنة وأردنا معرفة خط العرض فليس هناك سوى استخراج قيمة الميل الاستوائى (ارتفاعها أو انخفاضها عن خط الاستواء) فى هذا اليوم (وهذا يمكن معرفته من التقاويم السنوية) ويكون موجباً فى المدة من ٢١ مارس الى ٢٢ سبتمبر وسالباً فى المدة من ٢٢ سبتمبر الى ٢١ مارس فان كان موجباً معناه ان الشمس فوق خط الاستواء وان كان سالباً معناه أنها تحت خط الاستواء ويرسم شكل نمرة ٩ وموقع الشمس بالنسبة لخط



(شكل ٩)

الاستواء فى هذا اليوم وقراءة زاوية ارتفاع الشمس عن أفق الراصد وقت المرور بالزوال (أى وقت وصولها لأقصى ارتفاع فى الظهر تقريباً)

فالقوس من الأفق الى الشمس هو ارتفاع الشمس عن أفق الراصد

يوم ٢٨ نوفمبر سنة ٩٢٥ والقوس من ﻫ الى الشمس هو مقدار انخفاض الشمس عن خط الاستواء (الميل الاستوائى للشمس يوم ٢٨/١١/٩٢٥ الذى استخرج من التقاويم لسنة ٩٢٥) وسنأتى على شرحه فى الرسالة المقبلة ومجموع هذين القوسين هو ارتفاع خط الاستواء عن أفق الراصد أى الزاوية المتممة لخط العرض وبطرحها من ٩٠° ينتج خط العرض ويجب مراعاة الانكسار الفلكى وبعدنا عن مركز الأرض ، وهذه هى الارصاد التى عملت بمعرفتنا وتحت مباشرة حضرة المحترم حسن افندى كمال سرى الباشمهندس بتودوليت نمرة ٨٣٠٤ بوصة ٦ ذات ورنية رأسية عند مرور الشمس بخط الزوال أى عند ما وصلت الى أقصى ارتفاع لها

وقت الراصد		الزاوية الرأسية النظارة جهة اليمين	الزاوية الرأسية النظارة جهة الشمال
١١ س ٤٦ د	A	٣٨° ٤٢′ ٢٠″	٣٨° ٤٣′ ٣٠″
الشمس مرورها بالزوال	B	٣٨ ٤٣ ٠٠	٣٨ ٤٣ ٠٠
متوسط الأربعة قرارات		٣٨° ٤٢′ ٥٧,٥″	

٣٨° ٤٢′ ٥٧,٥″	زاوية ارتفاع الشمس عن أفق الجيزة وقت الظهر
١ ١٢	— الانكسار الفلكى
٣٨ ٤١ ٤٥,٥	
٩	+ البعد عن مركز الأرض (تقريباً)
٣٨ ٤١ ٥٤,٥	
٢١ ١٦ ١٨	+ الميل الاستوائى انخفاض الشمس عن خط الاستواء
٥٩ ٥٨ ١٢,٥	متمم خط العرض (ارتفاع خط الاستواء عن أفق الجيزة)
٩٠ ٠٠ ٠٠	
٣٠ ٠١ ٤٧,٥	خط عرض الجيزة

ولو قورنت هذه النتيجة بخط عرض الجيزة من واقع الخرائط لما وجد هناك فرق ما اللّهم الا من بضع ثوان تنشأ عن أن الأرصاد كانت بيتودوليت ذات ورنية وليس بيتودوليت من الحجم العظيم المستعمل للأرصاد الفلكية خصيصاً

« ضبط الساعة »

قد يتصادف فى كثير من الأحوال أن يكون الانسان بقرية ليس بها ساعة فلكية يرجع اليها فى ضبط المواقيت فلو كانت ساعته مثلاً تقدم فى اليوم الواحد دقيقة واحدة وتركت على حالها فانها بعد مضى ثلاثة أشهر تكون قد تقدمت ١َ × ٣٠ × ٣ = ٩٠ دقيقة أو ساعة ونصف وهـذا فرق جسيم ولتلاشى مثل هذا الفرق يجب على الانسان رصد ساعته أى معرفة حالتها من حيث تقديمها وتأخيرها وتلاشيه أولاً بأول وذلك بالطريقة الآتية

ضع التيودوليت وضعاً فنياً فى نقطة ما (ويحسن أن تكون نقطة ثابتة) وجه النظارة إلى احدى النجوم المضيئة جهة الجنوب (إذ تكون سريعة السير عن النجوم التى جهة الشمال) واجعل هذه النجمة فى تقاطع شعرتى النظارة الأفقية والرأسية وذلك بعد ربط مسامير التيودوليت للحافتين العليا والسفلى وربط مسمار النظارة نفسها ثم انظر إلى ساعتك واحفظ الزمن المبين بها ، اترك التيودوليت على حالته مدة أربعة وعشرين ساعة تقريباً ثم فى الوقت نفسه من اليوم التالى راقب هـذه النجمة حتى تمر بتقاطع الشعرتين تماماً (كما فى اليوم السابق) وبذا انتهت عملية الرصد ، أنظر إلى ساعتك وفى هذه الحالة يجب أن يكون الوقت المبين بها كما كان بالأمس

ينقص ٥٥,٥٦ً ٣َ أى ثلاثة دقائق وستة وخمسين ثانية وخمسة وخمسين جزءاً من المائة من الثانية وهى فرق اليوم الشمسى من اليوم النجمى وتعمل هذه العملية مرات عديدة وعلى نجوم مختلفة ليثق الإنسان من دقة عمله ، والفرق بين ما أوضحت به ساعتك وما يجب أن تكون عليه هو خطأها فان كانت أسرع يجب تأخيرها يومياً بهذا القدر وإن كانت أبطأ فيجب تقديمها

مثلاً : إذا رصدنا على نجمة ما فى يوم ٨ ديسمبر سنة ١٩٢٥ وكانت الساعة ٧ مساء ثم رصدنا عليها (كما أوضحنا) فى اليوم التالى فيجب أن يكون وقت مرورها بتقاطع شعرتى النظارة بالتيودوليت هو ٧ ساعة

٥٥,٥٦ً ٣َ —

٤٥,٣ً ٥٦َ ٦ س

فان كانت الساعة إذ ذاك ٥٤َ ٦ س فتكون بطيئة قيمة دقيقتين وثلاثة ثوان ونصف ثانية تقريباً وإن كانت ٥٨ً ٦َ فتكون سريعة بمقدار ٥٦ً ١َ ويجب تأخيرها كل يوم بهذا المقدار

﴿ تاريخ قياس الدرجة الأرضية ﴾

علم الجيوديزى هو العلم الذى يبحث فى القواعد الثابتة التى تمهد لنا طريقة استخراج مساحة جزء على سطح الكرة الأرضية وامكان رسمه على خريطة بحالة دقيقة ، ولو كانت الأرض مسطحة كما كان يعتقد أسلافنا لما كان هناك حاجة لهذا العلم ولأمكننا بواسطة الهندسة والمثلثات المستوية معرفة أى جزء على سطح الأرض ، أما والأرض كروية فيجب علينا معرفة حساب المثلثات الكروية (وسنأتى على ذكر قوانينه فى الرسالة المقبلة)

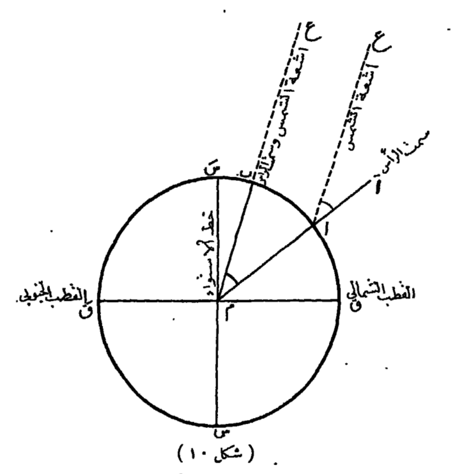
لأننا لو انتخبنا ثلاثة نقط على سطح الكرة الأرضية وعلى ابعاد عظيمة من بعضها وليكن طول الضلع مثلاً ٣٠٠ أو ٤٠٠ كيلومتراً ورصدت زوايا هذا المثلث فان مجموع الزوايا يجب أن يزيد عن ١٨٠°

ويستند العلماء على كروية الأرض بأدلة قاطعة قوية نذكر منها ظهور أعلى السفينة قبل أسفلها وارتفاع النجمة القطبية عن أفق الراصد كلما اقترب إلى القطب أضف الى ذلك ان المكتشفين الذين أرادوا أن يرحلوا حول الأرض وابتدأوا من نقطة واتجهوا إلى الشرق منها تماماً رجعوا إلى النقطة التى ابتدأوا منها بعد الطواف على محيط الأرض جميعه ، إلاّ ان حالة تكور الأرض لم تثبت تماماً فمن قائل أنها كروية مفرطحة عند القطبين ومن قائل انها كروية بيضاوية الشكل ومن قائل انها كروية تماماً ومن قائل أنها منبجة عند خط الاستواء وسنذكر بكلمة موجزة تاريخ كل اعتقاد والأسباب التى أستند اليها

ان أول من بحث فى شكل الأرض هم علماء اليونان Anaximander الذى عاش فى سنة ٥٧٠ قبل الميلاد وحكم بأنها اسطوانية الشكل وارتفاعها يساوى ثلاثة اضعاف قطرها ثم تبعه Plato سنة ٤٠٠ قبل الميلاد ظن انها مكعبة الشكل ويليه Aristote سنة ٣٤٠ قبل الميلاد أدلى بأدلة على انها كروية الشكل ووافقه فى رأيه Archimedes سنة ٢٥٠ قبل الميلاد وقدر علماء الهندسة فى ذاك الوقت أن محيطها يساوى ٣٠٠,٠٠٠ قامة

وأول ارصاد فلكية عملت لتعيين شكل الأرض كانت بمصر بواسطة Eratosthenes سنة ٢٣٠ قبل الميلاد والطريقة التى اتبعها وإن كانت كثيرة المصاعب فى عملها إلاّ انها ترتكز على أساس هندسى صحيح وبها استطاع

أن يقدر محيط الكرة الأرضية بـ ٢٥٠,٠٠٠ قامة واليك الطريقة التى اتبعها — لاحظ ان الشمس فى قرية قريبة من اصوان (Seyne) تكون فى فصل الصيف عمودية على سمت الرأس بينما تكون فى الاسكندرية وفى نفس الوقت على انخفاض ١٢َ ٧ْ من سمت الرأس والمسافة من اصوان إلى الإسكندرية هى ٥٠٠٠ قامة إذن فحيط الكرة الأرضية الذى هو ٥٠ ضعفاً للقوس بين اصوان والإسكندرية = ٥٠ × ٥٠٠٠ = ٢٥٠,٠٠٠ قامة إلا أن طول القامة الحقيقى لم يمكن العثور عليه لذا لا يمكن الحكم على قيمة ضبط هذا القياس والشكل بعينه (١٠) يوضح هذه النظرية بجلاء



(شكل ١٠)

الدائرة سَ ب اَ ق س قَ تمثل الكرة الأرضية التى مركزها فى م - ق قَ هو محور الكرة الأرضية أى القطبين الشمالى والجنوبى س سَ خط الاستواء

ه القطب الشمالى ا موقع الراصد فى الاسكندرية — ب موقع الراصد فى أصوان حيث تكون الشمس فى سمت الرأس ع ا و ع ب هو اتجاه أشعة الشمس فى فصل الصيف وهى خطوط متوازية نظراً لبعد الشمس عن الأرض بعداً عظيماً وصغر حجم الأرض بالنسبة الى الشمس وزاوية اَ ا ع هى الزاوية التى تنخفض بها الشمس عن سمت الرأس فى الاسكندرية وهى تساوى الزاوية المركزية ا م ب (زاويتين متناظرتين) فلو قيست المسافة ا ب والزاوية ا م ب لأمكن معرفة طول محيط الدائرة التى نصف قطرها م ب أى انه لوكانت هـذه الزاوية ١/٥٠ من أربعة زوايا قائمة فالمحيط وهو أربعة زوايا قائمة يساوى ٥٠ ضعفاً لطول هذه المسافة وتسمى هذه الطريقة بطريقة قياس قوس الزوال

ويمكن أيضاً قياس قوس الزوال بين جهتين لا تمر الشمس بسمت الرأس باحداهما وقت الزوال بأن تكون الشمس شمال سمت الرأس أوجنوبه ويكون مجموع الزاويتين فى حالة اختلاف انحراف الشمس عن سمت الرأس فى الجهتين هى الزاوية المركزية التى تحصر القوس بين الجهتين ومنـه يمكن معرفة طول الدائرة الكاملة

ح + ب + هـ = ١٨٠°

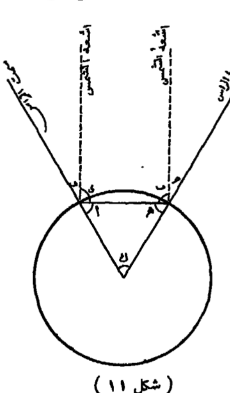
ب + ى = ١٨٠°

وبالطرح ح + هـ = ى

ف + ى = هـ + ك

وباحلال ح + هـ محل ى ينشأ أن

ف + ح + هـ = هـ + ك



(شكل ١١)

وبالطرح ك = ف + ح وهو المطلوب

ومن سنة ١٦٩٠ لغاية سنة ١٧١٨ قام Cassini بعمل مساحة لفرنسا روعيت فيها الدقة الممكنة واستطاع معرفة قيمة الدرجة العرضية التى كانت تتزايد كلما اتجه الى خط الاستواء ومن هنا استدل على أن الأرض مفرطحة جهة خط الاستواء (وهذا يخالف ما اثبته العلماء فيما بعد)

إلاّ أن Newton استطاع اثبات عكس ذلك وان الأرض كروية مفرطحة جهة القطبين وليست جهة خط الاستواء واليك الأسباب التى استند عليها .

ففى سنة ١٦٨٧ نشر الجزء الثالث لكتابه المسمى Newton's Principal الذى بحث فيه عن الأرصاد التى قام بها Richer الذى أرسل مع بعثة فلكية الى Cayenne فى أمريكا الجنوبية قرب خط الاستواء حيث لاحظ أن ساعته التى كانت بمنتهى الدقة والضبط عند ما كانت فى باريس ابتدأت تؤخر ثانيتين يومياً عند ما وصل الى Cayenne وأمكنه ضبطها بتقصير ساق البندول واستطاع أن يحكم أن Cayenne أبعد عن مركز الكرة الأرضية من باريس إذ أن قوة جاذبية الأرض تؤثر فى حركة اهتزاز البندول من حيث السرعة والإبطاء فكلما قرب من مركز الأرض كانت الجاذبية قوية وسرعة اهتزاز البندول أكبر مما لو بعد عن مركز الأرض واستطاع بإجراء عمليات حسابية أن يقدر قيمة الفرطحة عند القطبين بما يساوى من $\frac{١}{١٨٠}$ الى $\frac{١}{٣٠٠}$ من طول قطر الأرض وقد كانت نظرياته هذه موضع جدال ومناقشة انتهت بأن الجامعة العلمية الفرنسية قررت ايفاد بعثتين فلكيتين احداهما جهة خط الاستواء والأخرى جهة الشمال منه فسافرت

أولاهما فى سنة ١٧٣٥ الى Lapland والأخرى الى Peru وانشأت كل منهما قاعدة لها وكونت عليها شبكات مثلثية فاستطاعت أولاهما أن تعود بعد سنتين بعد أن قاست مسافة ٩٢٧٧٨ ذراعاً (Toises) قيمتها ١,٦٢٢١° درجة عرضية ورجعت الثانية بعد سبعة أعوام بعد أن قاست مسافة ١٧٦٨٧٥ ذراعاً (Toises) قيمتها ١١٧٦,٣° درجة عرضية ومن هذه الأرصاد والمقاسات استطاعت الجامعة العامية أن تحكم بأن الأرض كروية مفرطحة جهة القطبين ما دامت أطوال درجات خط العرض تتزايد كلما اقتربت من القطبين واستندت على النتائج الآتية — مع ملاحظة أن الا Toise هو عبارة عن ذراع طولى فرنساوى يقدر الآن بنحو ١,٩٤٩ متراً

		خط العرض	طول الدرجة العرضية الواحدة مقاسة على خطوط الزوال ذراعاً
Lapland	شمال خط الاستواء	٦٦° ٢٠َ	٥٧٤٣٨
France	» »	٤٩ ٢٢	٥٧٠٦٠
Peru	» جنوب	١ ٤٣	٥٦٧٧٨

وهذا التفرطح ضئيل بحيث أنه يمكن اعتبار الكرة الأرضية كروية تماماً فى أحوال معينة ذلك لأنه لو صغرنا الكرة بحيث يصير قطرها الممتد بموازاة خط الاستواء ١٦ بوصة مثلاً فان قطرها الممتد عند القطبين = ١٥,٩٤٥ بوصة وهذا فرق ضئيل للغاية لا يمكن تقديره بالعين المجردة

من هنا ينشأ أن قطرى الأرض غير متساويين وان احداهما وهو

الممتد عند القطبين (شمالاً وجنوباً) أصغر قليلاً من الممتد بموازاة خط الاستواء ويترتب على هذا أن طول الدرجات العرضية غير متساو فى كل الجهات ويمكن تسهيلاً للعمل اتخاذ متوسط لطول الدرجة العرضيـة فى مختلف الجهات أى من خط الاستواء الى القطبين أو بمعنى آخر أن متوسط طول الدرجة العرضية هو طول أحد أرباع محيط الكرة الأرضية مقسوماً على ٩٠°

وهو يساوى ١٠٠٠١١٩٩٧ ÷ ٩٠° = ١١١١٣٣ متراً

أى أن متوسط طول الدرجة العرضية = ١١١١٣٣ متراً

« « « « الدقيقة « = ١٨٥٢,٢ متراً

« « « « الثانية « = ٣٠,٨٧ متراً

وهنا يحسن أن نذكر مقاس انصاف أقطار الكرة الأرضية التى اصطلح عليه العلماء . فقد ذهب بعضهم الى أن نصف قطر الكرة الأرضية الموازى لخط الاستواء هو . ٦٣٠٧٧٣٩٨ متراً

وان نصف قطرها الممتد من القطبين هو ٦٣٥٦٠٨٠ «

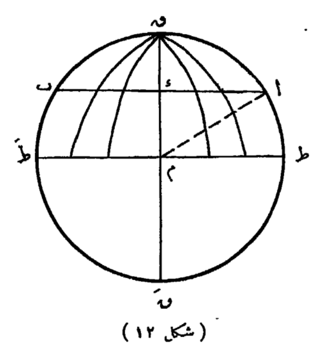
وذهب البعض الاخر الى أن نصف قطرها الموازى لخط الاستواء هو ٦٣٧٨٢٧٨ «

وان « « الممتد من القطبين هو ٦٣٥٦٦٥٤ «

طول الدرجة الطولية

مقاسه على الأقواس الموازية لدائرة خط الاستواء

الدرجة الطولية تكون أكبر ما يكون عند خط الاستواء وتنقص تدريجياً الى أن تصل الى القطبين حيث تتقابل متجمعة ولا يكون لها طول ما



(شكل ١٢)

والشكل ١٢ يمثل الكرة الارضية وعليها خطوط الطول والعرض طَ ط خط الاستواء ه هَ محور الكرة الأرضية (القطبين) ا نقطة على سطح الكرة الارضية التى مركزها فى م وبما أن المسافة ا م هى نصف قطر الكرة الارضية والمسافة ا ء هى نصف قطر الدائرة الصغرى فينشأ من هذا أن (ا ء = ا م مضروباً فى جا زاوية ا م ء) أو فى جيب تمام الزاوية المتممة لها ا م ط التى هى خط عرض مكان الراصد فى نقطة ا اذن فطول الدرجة الطولية فى خط عرض ما هو طول الدرجة الطولية فى خط الاستواء

مضروباً فى جتا خط عرض مكان الراصد بمعنى أنه اذا كان طول الدقيقة الطولية فى خط الاستواء = ١٨٥٢ متراً فان طول الدقيقة الطولية فى خط عرض ٤٠° هو ١٨٥٢× جتا ٤٠° = ١٤١٩ متراً ومع هذا جدول يبين طول الدرجة والدقيقة والثانية فى كل من خطى الطول والعرض

ومتى علمت أطوال الدرجة والدقيقة والثانية فى كل من خطى الطول والعرض فيمكن عمل خريطة بمقياس ما تحصر مسافة عرضية معينة وليكن درجة شمال أو جنوب خط الاستواء (حسب موقع المملكة المراد عمل خريطة لها) كذا تحصر مسافة طولية معينة درجة شرق أو غرب خط جرينوتش وعلى هذه اللوحة يمكن تثبيت نقط المثلثات التى تعين لها خط الطول والعرض وذلك بواسطة آلة الاحداثيات بقلم الحساب



جـــدول

الوقت الفلكي للمـرور

الفرق لليوم الواحد مقدّراً بالدقيقة	سنة ١٩٢٥		سنة ١٩٢٤		سنة ١٩٢٣	
	دقيقة	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة	ساعة
٣٫٩٥	٤٩٫٢	٦	٥١٫٨	٦	٥٠٫٢	٦
٣٫٩٥	٥٣٫٩	٥	٥٦٫٥	٥	٥٤٫٩	٥
٣٫٩٥	٤٦٫٨	٤	٤٩٫٤	٤	٤٧٫٨	٤
٣٫٩٤	٥١٫٥	٣	٥٤٫١	٣	٥٢٫٥	٣
٣٫٩٤	٥٦٫٢	٢	٥٤٫٨	٢	٥٧٫٢	٢
٣٫٩٣	١٫٠	١	٥٩٫٥	١	٢٫٢	١
٣٫٩٣	٥٤٫٢	٠	٥٢٫٨	٠	٥٥٫٤	٠
٣٫٩٢	٥٥٫٢	٢٣	٥٣٫٩	٢٣	٥٦٫٤	٢٣
٣٫٩٢	٥٢٫٦	٢٢	٥١٫٢	٢٢	٥٣٫٦	٢٢
٣٫٩٢	٥٧٫٧	٢١	٥٦٫٢	٢١	٥٨٫٧	٢١
٣٫٩١	٥٠٫٩	٢٠	٤٩٫٤	٢٠	٥١٫٩	٢٠
٣٫٩١	٥٦٫١	١٩	٥٤٫٦	١٩	٥٧٫١	١٩
٣٫٩١	٥٣٫٥	١٨	٥٢٫٠	١٨	٥٤٫٦	١٨
٣٫٩٢	٥٨٫٨	١٧	٥٧٫٣	١٧	٤٩٫٩	١٧
٣٫٩٢	٥٢٫١	١٦	٥٠٫٧	١٦	٥٣٫٣	١٦
٣٫٩٢	٥٧٫٣	١٥	٥٥٫٩	١٥	٥٨٫٥	١٥
٣٫٩٢	٥٠٫٦	١٤	٤٩٫٢	١٤	٥١٫٧	١٤
٣٫٩٣	٥٥٫٧	١٣	٥٤٫٣	١٣	٥٦٫٩	١٣
٣٫٩٣	٥٢٫٩	١٢	٥١٫٥	١٢	٥٤٫١	١٢
٣٫٩٣	٥٧٫٩	١١	٥٦٫٥	١١	٥٩٫١	١١
٣٫٩٤	٥١٫٢	١٠	٤٩٫٨	١٠	٥٢٫٣	١٠
٣٫٩٤	٥٦٫١	٩	٥٤٫٧	٩	٥٧٫٢	٩
٣٫٩٤	٥٣٫٠	٨	٥١٫٥	٨	٥٤٫٠	٨
٣٫٩٤	٥٧٫٨	٧	٥٦٫٣	٧	٥٨٫٨	٧

نمـــرة ١

العلوى للنجم القطبي

الأيام	سنة ١٩٢٠		سنة ١٩٢١		سنة ١٩٢٢	
	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة	ساعة	دقيقة
من ١ الى ١٤ يناير	٦	٤٩و٩	٦	٤٧و٤	٦	٤٨و٨
« ١٥ « ٣١ يناير	٥	٥٤و٦	٥	٥٢و١	٥	٥٣و٥
« ١ « ١٤ فبراير	٤	٤٧و٥	٤	٤٥و٠	٤	٤٦و٤
« ١٤ « ٢٩ فبراير	٣	٢٥و٢	٣	٤٩و٧	٣	٥١و١
« ١ « ١٤ مارس	٢	٥٣و٠	٢	٥٤و٤	٢	٥٥و٩
« ١٥ « ٣١ مارس	١	٥٧و٧	١	٤٩و٢	١	٠و٧
« ١ « ١٤ ابريل	٠	٥٠و٩	٠	٥٢و٤	٠	٥٣و٩
« ١٥ « ٣٠ ابريل	٢٣	٥٢و٠	٢٣	٥٣و٤	٢٣	٥٤و٩
« ١ « ١٤ مايو	٣٢	٤٩و٣	٢٢	٥٠و٧	٢٢	٥٢و٢
« ١٥ « ٣١ مايو	٢١	٥٤و٤	٢١	٥٥و٨	٢١	٥٧و٣
« ١ « ١٤ يونيه	٢٠	٤٧و٦	٢٠	٤٩و٠	٢٠	٥٠و٥
« ١٥ « ٣٠ يونيه	١٩	٥٢و٨	١٩	٥٤و٢	١٩	٥٥و٧
« ١ « ١٤ يوليه	١٨	٥٠و٢	١٨	٥١و٦	١٨	٥٣و١
« ١٥ « ٣١ يوليه	١٧	٥٥و٥	١٧	٥٦و٩	١٧	٥٨و٤
« ١ « ١٤ أغسطس	١٦	٤٨و٩	١٦	٥٠و٣	١٦	٥١و٨
« ١٥ « ٣١ أغسطس	١٥	٥٤و١	١٥	٥٥و٥	١٥	٥٧و٠
« ١ « ١٤ سبتمبر	١٤	٤٧و٤	١٤	٤٨و٩	١٤	٥٠و٣
« ١٥ « ٣٠ سبتمبر	١٣	٥٢و٥	١٣	٥٤و٠	١٣	٥٥و٤
« ١ « ١٤ اكتوبر	١٢	٤٩و٧	١٢	٥١و٢	١٢	٥٢و٦
« ١٥ « ٣١ اكتوبر	١١	٥٤و٧	١١	٥٦و٢	١١	٥٧و٦
« ١ « ١٤ نوفمبر	١٠	٤٧و٩	١٠	٤٩و٤	١٠	٥٠و٨
« ١٥ « ٣٠ نوفمبر	٩	٥٢و٨	٩	٥٤و٣	٩	٥٥و٧
« ١ « ١٤ ديسمبر	٨	٤٩و٦	٨	٥١و١	٨	٥٢و٥
« ١٥ « ٣١ ديسمبر	٧	٥٤و٤	٧	٥٥و٩	٧	٥٧و٢

جدول نمرة ٢

التصحيح الواجب مراعاته فى أيام الشهر المتداخلة بين ١ و ٣١

الفرق ليوم واحد مقدراً بالدقائق الزمنية					أيام الشهر
٣٫٩٥	٣٫٩٤	٣٫٩٣	٣٫٩٢	٣٫٩١	
٣٫٩	٣٫٩	٣٫٩	٣٫٩	٣٫٩	٢ أو ١٦
٧٫٩	٧٫٩	٧٫٩	٧٫٨	٧٫٨	٣ أو ١٧
١١٫٨	١١٫٨	١١٫٨	١١٫٨	١١٫٧	٤ أو ١٨
١٥٫٨	١٥٫٨	١٥٫٧	١٥٫٧	١٥٫٦	٥ أو ١٩
١٩٫٧	١٩٫٧	١٩٫٦	١٩٫٦	١٩٫٥	٦ أو ٢٠
٢٣٫٧	٢٣٫٦	٢٣٫٦	٢٣٫٥	٢٣٫٥	٧ أو ٢١
٢٧٫٦	٢٧٫٦	٢٧٫٥	٢٧٫٤	٢٧٫٤	٨ أو ٢٢
٣١٫٦	٣١٫٥	٣١٫٤	٣١٫٤	٣١٫٣	٩ أو ٢٣
٢٥٫٥	٣٥٫٥	٣٥٫٤	٣٥٫٣	٣٥٫٢	١٠ أو ٢٤
٣٩٫٥	٣٩٫٤	٣٩٫٣	٣٩٫٢	٣٩٫١	١١ أو ٢٥
٤٣٫٤	٤٣٫٣	٤٣٫٢	٤٣٫١	٤٣٫٠	١٢ أو ٢٦
٤٧٫٤	٤٧٫٣	٤٧٫٢	٤٧٫٠	٤٦٫٩	١٣ أو ٢٧
٥١٫٣	٥١٫٢	٥١٫١	٥١٫٠	٥٠٫٨	١٤ أو ٢٨
٥٥٫٣	٥٥٫٢	٥٥٫٠	٥٤٫٩	٥٤٫٧	٢٩
٥٩٫٢	٥٩٫١	٥٨٫٩	٥٨٫٨	٥٨٫٦	٣٠
٦٣٫٢	٦٣٫٠	٦٢٫٩	٦٢٫٧	٦٢٫٦	٣١

جدول نمرة ٣

انحراف النجم القطبي عن الشمال الحقيقي أثناء مروره شرقا أو غربا

سنة ١٩٢٢ دقائق ′	سنة ١٩٢٢ درجة°	سنة ١٩٢١ دقائق ′	سنة ١٩٢١ درجة°	سنة ١٩٢٠ دقائق ′	سنة ١٩٢٠ درجة°	خطوط العرض درجة°
١٣و٦	١	١٤و٠	١	١٤و٣	١	٢٥
١٤و٣		١٤و٦		١٤و٩		٢٦
١٥و٠		١٥و٣		١٥و٦		٢٧
١٥و٧		١٦و٠		١٦و٣		٢٨
١٦و٣		١٦و٧		١٧و١		٢٩
١٧و١	١	١٧و٥	١	١٧و٩	١	٣٠ } القاهرة
١٧و٩		١٨و٢		١٨و٦		٣١
١٨و٧		١٩و٠		١٩و٤		٣٢
١٩و٦		١٩و٩		٢٠و٣		٣٣
٢٠و٦		٢١و٠		٢١و٣		٣٤
٢١و٥	١	٢١و٩	١	٢٢و٢	١	٣٥
٢٢و٦		٢٣و٠		٢٣و٤		٣٦
٢٣و٧		٢٤و١		٢٤و٤		٣٧
٢٤و٨		٢٥و٢		٢٥و٦		٣٨
٢٥و٩		٢٦و٣		٢٦و٧		٣٩
٢٧و٢	١	٢٧و٦	١	٢٨و٠	١	٤٠
٢٨و٥		٢٨و٩		٢٩و٤		٤١
٢٩و٩		٣٠و٣		٣٠و٧		٤٢
٣١و٣		٣١و٧		٣٢و٢		٤٣
٣٢و٨		٣٣و٢		٣٣و٦		٤٤
٣٤و٤	١	٣٤و٩	١	٣٥و٣	١	٤٥
٣٦و٢		٣٦و٦		٣٧و١		٤٦
٣٨و١		٣٨و٥		٣٩و٠		٤٧
٣٩و٩	١	٤٠و٣	١	٤٠و٨	١	٤٨

جدول نمرة ٤

يبين قيمة الإنكسار الفلكى لأى ارتفاع عن الأفق

(هذه القيمة تستنزل من الارتفاع الظاهرى)

انكسار		ارتفاع		انكسار		ارتفاع		انكسار		ارتفاع		انكسار الضوء		ارتفاع ظاهرى	
″	′	′	°	″	′	′	°	″	′	′	°	″	′	′	°
٥٥و٧	٠	٠	٤٦	٢١و٩	٢	٠٠	٢٢	٥٣و٣	٦	٣٠	٧	٥٤و١	٣٤	٠٠	٠
٥٣و٨			٤٧	١٨و٥		٣٠		٤٥و١		٤٠		٤٩و٢	٣٢	١٠	
٥١و٩			٤٨	١٥و٢	٢	٠٠	٢٣	٣٧و٢		٥٠		٥٢و٣	٣٠	٢٠	
٥٠و٢			٤٩	١٢و٠		٣٠		٢٩و٦	٦	٠٠	٨	٠٣و٥	٢٩	٣٠	
٤٨و٤			٥٠	٠٨و٩	٢	٠٠	٢٤	١٥و٢		٢٠		٢٢و٥	٢٧	٤٠	
٤٦و٧			٥١	٠٦و٠		٣٠		٠١و٨		٤٠		٤٩و٨	٢٥	٥٠	
٤٥و١			٥٢	٠٣و٢	٢	٠٠	٢٥	٤٩و٣	٥	٠٠	٩	٢٤و٦	٢٤	٠٠	١
٤٣و٥			٥٣	٠٠و٥		٣٠		٣٧و٦		٢٠		٠٦و٧	٢٣	١٠	
٤١و٩			٥٤	٥٧و٨	١	٠٠	٢٦	٢٦و٥		٤٠		٥٥و٦	٢١	٢٠	
٤٠و٤			٥٥	٥٥و٣		٣٠		١٦و٢	٥	٠٠	١٠	٥٠و٩	٢٠	٣٠	
٣٨و٩			٥٦	٥٢و٨	١	٠٠	٢٧	٠٦و٤		٢٠		٥١و٩	١٩	٤٠	
٣٧و٥			٥٧	٥٠و٥		٣٠		٥٧و٢	٤	٤٠		٥٨و٠	١٨	٥٠	
٣٦و١			٥٨	٤٨و٢	١	٠٠	٢٨	٤٨و٥	٤	٠٠	١١	٠٨و٦	١٨	٠٠	٢
٣٤و٧			٥٩	٤٦و٠		٣٠		٤٠و٢		٢٠		٢٣و٠	١٧	١٠	
٣٣و٣			٦٠	٤٣و٨	١	٠٠	٢٩	٣٢و٤		٤٠		٤٠و٧	١٦	٢٠	
٣٢و٠			٦١	٤١و٧		٣٠		٢٥و٠	٤	٠٠	١٢	٠٠و٩	١٦	٣٠	
٣٠و٧			٦٢	٣٩و٧	١	٠٠	٣٠	١٨و٠		٢٠		٢٣و٤	١٥	٤٠	
٢٩و٤			٦٣	٣٧و٧		٣٠		١١و٣		٤٠		٤٧و٨	١٤	٥٠	
٢٨و٢			٦٤	٣٥و٨	١	٠٠	٣١	٠٤و٩	٤	٠٠	١٣	١٤و٦	١٤	٠٠	٣
٢٦و٩			٦٥	٣٣و٩		٣٠		٥٨و٨	٣	٢٠		٤٣و٧	١٣	١٠	
٢٥و٧			٦٦	٣٢و١	١	٠٠	٣٢	٥٣و٠		٤٠		١٥و٠	١٣	٢٠	
٢٤و٥			٦٧	٣٠و٣		٣٠		٤٧و٤	٣	٠٠	١٤	٤٨و٣	١٢	٣٠	
٢٣و٣			٦٨	٢٨و٧	١	٠٠	٣٣	٤٢و١		٢٠		٢٣و٧	١٢	٤٠	
٢٢و٢			٦٩	٢٧و٠		٣٠		٣٧و٠		٤٠		٠٠و٧	١٢	٥٠	
٢١و٠			٧٠	٢٥و٤	١	٠٠	٣٤	٣٢و١	٣	٠٠	١٥	٣٨و٩	١١	٠٠	٤
١٩و٩			٧١	٢٣و٨		٣٠		٢٧و٤		٢٠		١٨و٣	١١	١٠	
١٨و٨			٧٢	٢١و٣	١	٠٠	٣٥	٢٢و٩		٤٠		٥٨و٦	١٠	٢٠	
١٧و٧			٧٣	٢٠و٨		٣٠		١٨و٦		٠٠	١٦	٣٩و٦	١٠	٣٠	
١٦و٦			٧٤	١٩و٣	١	٠٠	٣٦	١٤و٥		٢٠		٢١و٢	١٠	٤٠	
١٥و٥			٧٥	١٧و٩		٣٠		١٠و٥		٠٠		٠٣و٣	١٠	٥٠	
١٤و٥			٧٦	١٦و٥	١	٠٠	٣٧	٠٦و٦	٣	٢٠	١٧	٤٦و٥	٩	٠٠	٥
١٣و٤			٧٧	١٥و١		٣٠		٠٢و٩		٤٠		٣٠و٩		١٠	
١٢و٣			٧٨	١٣و٨	١	٠٠	٣٨	٥٩و٣	٢	٤٠		١٦و٠		٢٠	
١١و٢			٧٩	١٢و٤		٣٠		٥٥و٨	٢	٠٠	١٨	٠١و٩		٣٠	
١٠و٢			٨٠	١١و٢	١	٠٠	٣٩	٥٢و٥		٢٠		٤٨و٤	٨	٤٠	
٩و١			٨١	٠٩و٩		٣٠		٤٩و٣		٤٠		٣٥و٦		٥٠	
٨و١			٨٢	٠٨و٧	١	٠٠	٤٠	٤٦و١	٢	٠٩	١٩	٢٣و٣	٨	٠٠	٦
٧و١			٨٣	٠٧و٥		٣٠		٤٣و١		٢٠		١١و٦		١٠	
٦و١			٨٤	٠٦و٣	١	٠٠	٤١	٤٠و٢		٤٠		٠٠و٣		٢٠	
٥و١			٨٥	٠٥و١		٣٠		٣٧و٣	٢	٠٠	٢٠	٤٩و٥	٧	٣٠	
٤و١			٨٦	٠٤و٠	١	٠٠	٤٢	٣٤و٥		٢٠		٣٩و٢		٤٠	
٣و١			٨٧	٠٢و٩		٣٠		٣١و٩		٤٠		٢٩و٢		٥٠	
٢و١			٨٨	٠١و٨	١	٠٠	٤٣	٢٩و٣	٢	٠٠	٢١	١٩و٧	٧	٠٠	٧
١و١			٨٩	٥٩و٧		٠٠	٤٤	٢٦و٨		٢٠		١٠و٥	٧	١٠	٧
				٥٧و٧	١	٠٠	٤٥	٢٤و٣	٢	٤٠	٢١	١و٠٧	٧	٢٠	٧

جدول نمرة ٥ — (أطوال الدرجات العرضية)

يبين أطوال الأقواس، مقاسة فوق خطوط الزوال

طول الثانية متر	طول الدقيقة متر	طول الدرجة بالمتر	طول الدرجة بالميل	خط العرض
٣٠و٧١٣	١٨٤٢و٨١	١١٠٥٦٨	٦٨و٧٠٣	٠٠
٣٠و٧١٦	١٨٤٢و٩٥	١١٠٥٧٧	٦٨و٧٠٩	٠٥
و٧٢٣	٣و٣٧	٦٠٢	و٧٢٥	١٠
و٧٣٤	٤و٠٦	٦٤٤	و٧٥١	١٥
و٧٥٠	٤و٩٨	٧٠٠	و٧٨٦	٢٠
و٧٣٧	٥و٢١	٧١٣	و٧٩٤	٢١
و٧٤١	٥و٤٤	٧٢٦	و٨٠٢	٢٢
و٧٦١	٥و٦٨	٧٤٠	و٨١٠	٢٣
و٧٦٥	٥و٩١	٧٥٤	و٨١٩	٢٤
و٧٦٩	٦و١٥	٧٦٩	و٨٢٩	٢٥
٣٠و٧٧٣	١٨٤٦و٤١	١١٠٧٨٥	٦٨و٨٣٨	٢٦
و٧٧٨	٦و٦٧	٨٠٠	و٨٤٨	٢٧
و٧٨٢	٦و٩٤	٨١٦	و٨٥٨	٢٨
و٧٨٧	٧و٢١	٨٣٣	و٨٦٨	٢٩
٣٠و٧٩١	١٨٤٧و٤٩	١١٠٨٥٠	٦٨و٨٧٩	٣٠
و٧٩٦	٧و٧٨	٨٦٧	و٨٨٩	٣١
و٨٠١	٨و٠٧	٨٨٤	و٩٠٠	٣٢
و٨٠٦	٨و٣٧	٩٠٢	و٩١١	٣٣
و٨١١	٨و٦٧	٩٢٠	و٩٢٣	٣٤
٣٠و٨١٦	١٨٤٨و٩٨	١١٠٩٣٩	٦٨و٩٣٤	٣٥
و٨٢١	١٨٤٩و٢٩	٩٥٧	و٩٤٦	٣٦
و٨٢٧	١٨٤٩و٦٠	٩٧٦	و٩٥٧	٣٧
و٨٣٢	١٨٤٩و٩٢	٩٩٥	و٩٦٩	٣٨
و٨٣٧	١٨٥٠و٢٤	١١١٠١٤	٦٨و٩٨١	٣٩
و٨٤٣	٥٠و٣٦	٠٣٤	و٩٩٣	٤٠
و٨٤٨	٥٠و٨٩	٠٥٣	٦٩و٠٠٥	٤١
و٨٥٤	٥١و٢٢	٠٧٣	و٠١٧	٤٢
و٨٥٩	٥١و٥٤	٠٩٣	و٠٢٩	٤٣
و٨٦٥	٥١و٨٧	١١٢	و٠٤٢	٤٤
٣٠و٨٧٠	١٨٥٢و٢٠	١١١١٣٢	٦٩و٠٥٤	٤٥
و٨٧٦	٢و٥٣	١٥٢	و٠٦٧	٤٦
و٨٨١	٢و٨٦	١٧٢	و٠٧٩	٤٧
و٨٨٦	٣و١٩	١٩١	و٠٩١	٤٨
و٨٩٢	٣و٥١	٢١١	و١٠٣	٤٩
٣٠و٨٩٧	١٨٥٣و٨٤	١١١٢٣١	٦٩و١١٥	٥٠
و٩٠٣	٤و١٦	٢٥٠	و١٢٧	٥١
و٩٠٨	٤و٤٩	٢٦٩	و١٣٩	٥٢
و٩١٣	٤و٨١	٢٨٨	و١٥١	٥٣
و٩١٩	٥و١٢	٣٠٧	و١٦٣	٥٤
و٩٢٤	٥و٤٣	٣٢٦	و١٧٥	٥٥
و٩٤٩	٥و٦٩	٤١٦	و٢٣٠	٦٠
و٩٧١	٥و٨٢	٤٩٧	و٢٨١	٦٥
و٩٩١	٥و٩٥	٥٦٧	و٣٢٤	٧٠
٣١و٠٠٧	١٨٦٠و٤٠	٦٢٤	و٣٦٠	٧٥
و٠١٨	١و١٠	٦٦٦	و٣٨٦	٨٠
و٠٢٦	١و٥٣	٦٩٢	و٤٠٢	٨٥
و٠٢٨	١و٦٨	٧٠١	و٤٠٧	٩٠

جدول نمرة ٦ — (أطوال الدرجات الطولية)

يبين أطوال الأقواس ، مقاسة فوق الدوائر الموازية لخط الاستواء

طول الثانية متر	طول الدقيقة متر	طول الدرجة بالمتر	طول الدرجة بالميل	خط العرض
٣٠و٩٢٣	١٨٥٥و٣٦	١١١٣٢٢	٦٩و١٧١	٠٠
٣٠و٨٠٦	١٨٤٨و٣٥	١٠١٩٠١	٦٨و٩١١	٠٥
٣٠و٤٥٦	١٨٢٧و٣٦	١٠٩٦٤٢	٦٨و١٢٨	١٠
٢٩و٧٠٩	١٧٩٢و٥٥	١٠٧٥٥٣	٦٦و٨٣٠	١٥
٢٩و٠٦٩	١٧٤٤و١٦	١٠٤٦٥٠	٦٥و٠٢٦	٢٠
٢٨و٨٨١	١٧٣٢و٨٩	١٠٣٩٧٣	٦٤و٦٠٦	٢١
٢٨و٦٨٥	١٧٢١و٠٨	١٠٣٢٦٥	٦٤و١٦٦	٢٢
٢٨و٤٧٩	١٧٠٨و٧٦	١٠٢٥٢٥	٦٣و٧٠٦	٢٣
٢٨و٢٦٥	١٦٩٥و٩١	١٠١٧٥٥	٦٣و٢٢٧	٢٤
٢٨و٠٤٢	١٦٨٢و٥٥	١٠٠٩٥٣	٦٢و٧٢٩	٢٥
٢٧و٨١١	١٦٦٨و٦٨	١٠٠١٢١	٦٢و٢١٢	٢٦
٢٧و٥٦٢	١٦٥٤و٣٠	٩٩٢٥٨	٦١و٦٧٦	٢٧
٢٧و٣٢٢	١٦٣٩و٤١	٩٨٣٦٥	٦١و١٢١	٢٨
٢٧و٠٦٧	١٦٢٤و٠٣	٩٧٤٤٢	٦٠و٥٤٨	٢٩
٢٦و٨٠٣	١٦٠٨و١٦	٩٦٤٨٩	٥٩و٩٥٦	٣٠
٢٦و٥٣٠	١٥٩١و٧٩	٩٥٥٠٧	٥٩و٣٤٥	٣١
٢٦و٢٤٩	١٥٧٤و٩٤	٩٤٤٩٦	٥٨و٧١٧	٣٢
٢٥و٩٦٠	١٥٥٧و٦١	٩٣٤٥٦	٥٨و٠٧١	٣٣
٢٥و٦٦٣	١٥٣٩و٨٠	٩٢٣٨٨	٥٧و٤٠٧	٣٤
٢٥و٣٥٩	١٥٢١و٥٢	٩١٢٩١	٥٦و٧٢٦	٣٥
٢٥و٠٤٦	١٥٠٢و٧٨	٩٠١٦٧	٥٦و٠٢٧	٣٦
٢٤و٧٢٦	١٤٨٣و٥٨	٨٩٠١٥	٥٥و٣١١	٣٧
٢٤و٣٩٥	١٤٦٣و٩٣	٨٧٨٣٦	٥٤و٥٧٨	٣٨
٢٤و٠٦٤	١٤٤٣و٨٣	٨٦٦٣٠	٥٣و٨٢٩	٣٩
٢٣و٨٧١	١٤٣٢و٢٨	٨٥٩٣٧	٥٣و٠٦٣	٤٠
٢٣و٣٧٢	١٤٠٢و٣١	٨٤١٣٨	٥٢و٢٨١	٤١
٢٣و٠١٥	١٣٨٠و٩٠	٨٢٨٥٤	٥١و٤٨٣	٤٢
٢٢و٦٥١	١٣٥٩و٠٧	٨١٥٤٤	٥٠و٦٦٩	٤٣
٢٢و٢٨٠	١٣٣٦و٨٢	٨٠٢٠٩	٤٩و٨٤٠	٤٤
٢١و٩٠٣	١٣١٤و١٧	٧٨٨٥٠	٤٨و٩٩٥	٤٥
٢١و٥١٨	١٢٩١و١١	٧٧٤٦٦	٤٨و١٣٥	٤٦
٢١و١٢٨	١٢٦٧و٦٥	٧٦٠٥٩	٤٧و٢٦١	٤٧
٢٠و٧٣٠	١٢٤٣و٨١	٧٤٦٢٩	٤٦و٣٧٢	٤٨
٢٠و٣٦٢	١٢١٩و٥٨	٧٣١٧٥	٤٥و٤٦٩	٤٩
١٩و٩١١	١١٩٤و٦٥	٧١٦٩٩	٤٤و٥٥٢	٥٠
١٩و٥٠٠	١١٧٠و٠١	٧٠٢٠١	٤٣و٦٢١	٥١
١٩و٠٧٨	١١٤٤و٦٨	٦٨٦٨١	٤٢و٦٧٦	٥٢
١٨و٦٥٠	١١١٩و٠١	٦٧١٤٠	٤١و٧١٩	٥٣
١٨و٢١٦	١٠٩٢و٩٨	٦٥٥٧٩	٤٠و٧٤٩	٥٤
١٧و٧٧٧	١٠٦٦و٦٢	٦٣٩٩٧	٣٩و٧٦٦	٥٥
١٥و٥٠١	٩٣٠و٠٥	٥٥٨٠٣	٣٤و٦٧٤	٦٠
١٣و١٠٥	٧٨٦و٣٠	٤٧١٧٨	٢٩و٣١٥	٦٥
١٠و٦٠٨	٦٣٦و٤٨	٣٨١٨٩	٢٣و٧٢٩	٧٠
٠٨و٠٢٩	٤٨١و٧٣	٢٨٩٠٤	١٧و٩٦٠	٧٥
٠٥و٣٨٧	٣٢٣و٢٤	١٩٣٩٥	١٢و٠٥١	٨٠
٠٢و٧٠٤	١٦٢و٢٥	٩٧٣٥	٦و٠٤٩	٨٥
٠٠و٠٠٠	٠٠٠و٠٠	٠٠٠	٠و٠٠٠	٩٠

صفحة	سطر	خطأ	صواب
١٦	١٩	٦٦و٢٤٢٢	٣٦٦و٢٤٢٢
١٨	١٦	=١٢″ ١٧′ ١٤° س	أ=١٢″ ١٧′ ١٤ س
٢٠	٣	١٧″ ٢٨′ ٢١	١٧′ ٢٨′ ٢١°
٢٥	١٢	٠٠″ ٠٠′ ١٨٠° ×	٠٠″ ٠٠″ ١٨٠° +
٢٦	١٤	فرق المثلث الكروى	+ فرق المثلث الكروى
٣١	٤	٠٠٠٠٠٩٦٤و	٠٠٠٠٠٦٩٤و
٤٥	٨	١و٥٦ ٢٣ س	١و٥٦′ ٢٣ س
٤٧	٢ و٥ و٦	وزنتى	ورنتى


Bibliotheca Alexandrina
03833317